



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

*Tuotantotekniikan laitos*

**LAURI JOKINEN & JANNE KINNUNEN**  
**INTEGROIDUN TUOTEKEHITYKSEN JA**  
**TUOTANNON JOHDANTOKURSSIN**  
**OPETUKSEN KEHITTÄMINEN**

Diplomityö

Tarkastajat: professori Asko Riitahuhta ja  
professori Reijo Tuokko  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty Automaatio-,  
kone- ja materiaalitekniikan tiedekuntaneuvos-  
ton kokouksessa 09. joulukuuta 2009

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

**JOKINEN, LAURI & KINNUNEN, JANNE:** Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon johdantokurssin opetuksen kehittäminen

Diplomityötyö, 106 sivua, 51 liitesivua

Kesäkuu 2010

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastajat: Professori Asko Riitahuhta ja professori Reijo Tuokko

Avainsanat: CDIO, aktiiviset ja kokemusperäiset oppimismallit, opetuksen kehittäminen, benchmarkkaus

Nykyaikainen tekniikan alan yliopisto-tasoinen opetus on etäännytynyt kauas käytännöstä, mistä johtuen valmistuvilla opiskelijoilla ei ole kaikkia työelämässä tarvittavia taitoja. CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) –viitekehys on tarkoitettu teknillisen alan opetuksen kehittämiseen, ja sen tavoitteena on aktiivisen ja kokemusperäisen oppimisen avulla varmistua siitä, että opiskelijat saavuttavat työelämässä tarvittavat taidot.

Tällä diplomityöllä on kaksi tavoitetta:

- I. Kartoittaa Tampereen teknillisen yliopiston Tuotantotekniikan laitoksen nykytila suhteessa CDIO –viitekehukseen ja esittää parannusehdotuksia, jotta siirtyminen CDIO –mallin mukaiseen opetukseen olisi mahdollista.
- II. Saada aikaan ehdotus CDIO –viitekehukseen olennaisesti kuuluvasta projektikurssista, jossa suunnitellaan tuote ja valmistetaan siitä toimiva prototyyppi.

Tutkimusmenetelminä käytetään benchmarkkausta sekä kirjallisuus- ja haastattelututkimuksia. Benchmarkkauksen avulla selvitettiin projektikurssien toteutusta muissa yliopistoissa, sekä niiden vaatimia resursseja. Olennainen osa benchmarkkausta oli vierailu Göteborgissa, Chalmersin teknillisessä yliopistossa.

Tuotantotekniikan laitoksen opetuksen nykytilaa selvitettiin opetushenkilökunnalle suunnatuilla kyselytutkimuksilla, ja tavoitetilaa professoreille suunnatuilla kyselyillä. Molempien kyselyiden vastauksia analysoitiin CDIO –viitekehysten tarjoamien työkalujen avulla. Tavoittilan määrittelyssä käytettiin lisäksi apuna laitoksen sidosryhmiltä aiemmin kerättyä tietoa.

Kyselyiden tuloksista käy ilmi, että laitoksen opetuksen painopiste on ongelmien havainnoimisessa (Conceive) sekä tuotteiden ja järjestelmien suunnittelemisessa (Design), toteuttamisen (Implement) ja käyttämisen (Operate) jäädessä vähemmälle huomiolle.

Ehdotuksessa projektikurssin tärkeimpänä tavoitteena on CDIO:n peruseriaatteen opettaminen, eli tuotekehitysprosessin läpivieminen hahmottelun, suunnittelun ja toteuttamisen kautta aina käyttöön asti. Tuotteen suunnittelussa otetaan huomioon eri tuotantotekniset näkökulmat, jotta opiskelija saa yleiskuvan myös muusta laitoksen opetuksesta.

CDIO –viitekehysten mukaiseen opetukseen siirtymisen suurimpana ongelmana nähdään tarvittavien työtilojen ja –koneiden puute. Puutteita on muillakin osa-alueilla, mutta niiden korjaamiseksi on jo tehty aloitteita, joten laitoksella on valmiudet siirtyä viitekehysten täysimittaiseen käyttöön lyhyelläkin aikavälillä.

# ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

**JOKINEN, LAURI & KINNUNEN, JANNE:** Development of Introductory Course of Integrated Product Development and Production.

Master of Science Thesis, 106 pages, 51 Appendix pages

June 2010

Major: Production Engineering

Examiners: Professor Asko Riitahuhta and professor Reijo Tuokko

Avainsanat: CDIO, Active and Experiential Learning Methods, Improvement of Education, Benchmarking

The teaching in Technical Universities has drawn away from the practice. Therefore graduating students do not necessarily possess all the skills needed in their career. The CDIO (Conceive - Design - Implement - Operate) framework is meant for developing technical teaching in institutes of higher education. The goal of CDIO -framework is to make sure that, by using active and experimental learning methods, the students learn all the necessary skills that they need as engineers.

This MSc thesis has two objectives:

- I. To map out the current state of Production Engineering Department in Technical University of Tampere compared to CDIO -framework and give recommendations for improvements, so that the transition to CDIO -framework would be possible.
- II. To make a proposal for a design - implement - project course, which is an integral part of CDIO -framework.

The research methods used in this thesis work include literature study, benchmarking and interviews. The benchmarking was used to find out how the project courses are implemented in other universities, and to map out the necessary resources. An essential part of the benchmarking process was a two day visit to the University of Chalmers in Gothenburg. The current state of the department was mapped by using surveys that were handed out to several people responsible for teaching the courses. The target state was also mapped out with surveys, this time handed out only to professors. The data gathered from both surveys was analyzed with tools provided by CDIO -framework. Additional data to analyze the target state was provided from stakeholders and alumni.

The results show that even though Conceiving and Designing are both emphasized in department's syllabus, Implementing and Operating do not receive much attention.

The most important goal of CDIO -project course is to teach the key principle of CDIO, which is to Conceive, Design, Implement and Operate, in its natural environment. This project course, in which the students will design and build a working prototype, will consider as many aspects of production engineering as possible, so that the students would get introduced to other courses taught by the department.

The biggest problem in transition to CDIO -framework seems to be the lack of hands on- working spaces and tools. There are some other obstacles as well, but the transition could happen in very short amount of time, as many of the needed proposals to improve the situation have already been made.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston tuotantotekniikan laitokselle tukemaan CDIO -viitekehyksen käyttöönottoa.

Ensimmäisenä haluamme kiittää työmme ohjausryhmää, erityisesti professori Asko Riitahuhtaa ja Leena Rapoa, jotka avustivat työhön liittyvissä pulmissa ja osoittivat suurta mielenkiintoa työtämme kohtaan. Kiitämme ohjausryhmää myös innostavasta aiheesta ja tehtävänannosta, joka järjestyi melko nopealla aikataululla.

Kiitokset osoitamme myös Chalmersin teknillisen yliopiston benchmarkkaukseen osallistuneille henkilöille, erityisesti Johan Malmqvistille, Magnus Evertssonille, Hans Johanssonille, Jan Bragélle ja Göran Gustafssonille. Lisäksi kiitämme perheitämme ja ystäviämme, erityisesti Jouko Kekkosta, henkisestä tuesta työn vaikeina hetkinä. Lopuksi haluamme kiittää lämpimästi Suomen konepajainsinööriyhdistystä taloudellisesta tuesta, joka edesauttoi työn valmistumista.



# SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
2	CDIO .....	3
2.1	Historia .....	3
2.2	Tausta .....	4
2.2.1	CDIO -työryhmän tavoitteet ja ongelmat .....	4
2.2.2	CDIO -työryhmän ratkaisut .....	5
2.2.3	Bloomin taksonomia .....	6
2.3	Opetussuunnitelma (Syllabus) .....	7
2.4	Standardit .....	7
2.4.1	Yleistä CDIO -standardeista .....	7
2.4.2	Standardi 1: CDIO viitekehystenä (CDIO as context)* .....	8
2.4.3	Standardi 2: Oppimistulokset* .....	8
2.4.4	Standardi 3: Kokonaisvaltainen ja yhtenäinen opetusohjelma* .....	8
2.4.5	Standardi 4: Johdantokurssi tekniikkaan .....	9
2.4.6	Standardi 5: Suunnittelusta toteutukseen –oppimiskokemukset* .....	10
2.4.7	Standardi 6: Tekniikan opettamiseen sopivat tilat .....	10
2.4.8	Standardi 7: Yhdistetyt oppimiskokemukset* .....	12
2.4.9	Standardi 8: Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen .....	12
2.4.10	Standardi 9: Opetushenkilökunnan CDIO -taitojen lisääminen* .....	12
2.4.11	Standardi 10: Opetushenkilökunnan opetustaitojen lisääminen .....	13
2.4.12	Standardi 11: Oppimisen arviointi* .....	13
2.4.13	Standardi 12: Opetusohjelman arviointi .....	13
2.5	Tekniikan opettamiseen sopivat työtilat .....	13
2.6	ITU -analyysi .....	15
3	Tuotekehitysmalleja .....	17
3.1	Pahl & Beitzin VDI 2221 .....	17
3.1.1	Yleistä .....	17
3.1.2	Vaatimuslista .....	18
3.2	Lean -tuotekehitysmalli .....	18
3.2.1	Yleistä Leanista .....	18
3.2.2	Lean -tuotekehitysmallin 13 pääperiaatetta .....	19
3.2.3	Prototyypit .....	20
3.3	The Value Model .....	21
3.3.1	Asiakasarvo .....	23
3.3.2	The Value Model -viitekehys .....	25
4	Opettamisen teoriaa .....	29
4.1	Opetuksen suunnittelu .....	29
4.1.1	Linjakas opetus .....	30
4.1.2	Oppimistavoitteet .....	30
4.1.3	Opetuksen sisältö ja Ydinainesanalyysi .....	31

4.1.4	Opintojakson mitoitus.....	32
4.2	Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen .....	34
4.2.1	Kolbin oppimistyyli.....	36
4.2.2	Sulautuva opetus .....	36
4.2.3	Projektioppiminen.....	39
4.2.4	Ongelmalähtöinen oppiminen.....	40
4.2.5	Tutkiva oppiminen.....	46
4.2.6	Massaluentojen aktivoiminen .....	49
5	Tutkimusasetelma .....	52
5.1	Kohteen esittely.....	52
5.1.1	Tuotantotekniikan laitos .....	52
5.1.2	Tuotantotekniikalle tulevat opiskelijat .....	54
5.2	Kohteen ongelmat .....	54
5.2.1	Käytännönläheisten kurssien puuttuminen .....	54
5.2.2	Tilojen puute .....	55
5.3	Rajaavat tekijät.....	56
5.4	Työn tavoitteet .....	57
6	Teoriaa tutkimusmenetelmistä .....	58
6.1	Benchmarkkaus .....	58
6.1.1	Benchmarkkauksen määritelmä ja tarkoitus .....	58
6.1.2	Benchmarkkauksen toteuttaminen.....	58
6.2	Kirjallisuustutkimukset .....	60
6.3	Haastattelututkimukset .....	60
6.3.1	Yleistä haastatteluista .....	60
6.3.2	Laadukkaan haastattelun määritelmä.....	61
6.3.3	Haastattelututkimuksen seitsemän vaihetta .....	61
6.3.4	Lomakehaastattelut (kyselytutkimukset) .....	62
7	Tulokset ja niiden analysointi .....	63
7.1	Benchmarkkaus Chalmersissa.....	63
7.1.1	Yleistä .....	63
7.1.2	CDIO -viitekehyksen käyttö yliopistossa .....	63
7.1.3	Protolaboratorio .....	64
7.1.4	Muut tilat .....	67
7.1.5	Ensimmäinen projektikurssi .....	70
7.1.6	Toinen projektikurssi .....	70
7.1.7	Kolmas projektikurssi .....	71
7.1.8	Chalmersissa havaittuja ongelmia CDIO -viitekehykseen siirryttäessä 72	
7.1.9	Konetekniikan opetus Chalmersissa .....	73
7.2	Laitoksen tavoitteiden ja nykytilan kartoittaminen.....	75
7.2.1	Laitoksen professoreille jaettu kysely .....	75
7.2.2	Tulokset .....	75

7.2.3	Laitoksen opetushenkilökunnalle jaettu kysely .....	76
7.2.4	Tulokset .....	76
7.2.5	ITU –analyysi .....	77
7.3	Sidosryhmien toiveet.....	78
7.4	Laitoksen nykytilan CDIO -vastaavuuden selvittäminen .....	79
7.5	Johdantokurssit muissa yliopistoissa .....	80
7.6	Ensimmäisen CDIO -projektikurssin kehittäminen .....	82
8	Ehdotukset toimenpiteistä .....	84
8.1	Ehdotus johdantokurssista.....	84
8.1.1	Mitoitus .....	84
8.1.2	Opetus- ja oppimistavat .....	84
8.1.3	Arviointimenetelmät .....	84
8.1.4	Ydinainesanalyysi.....	85
8.1.5	Resurssit.....	87
8.1.6	Rakenne ja toteutus .....	89
8.2	Ehdotus työtilojen parantamisesta .....	92
8.2.1	Yleistä .....	92
8.2.2	Minimivaatimukset .....	92
8.2.3	CDIO –viitekehyksen mukaiset suositukset .....	93
8.2.4	Ideaalitilanne.....	94
8.2.5	Työstötilojen turvallisuus .....	95
8.3	Ehdotus tuotantotekniikan opetuksen kehittämisestä .....	96
8.3.1	Opetuksen kehittäminen 12 standardin mukaiseksi.....	96
8.3.2	Tärkeiksi nähtyjen CDIO -taitojen opettamisen lisääminen.....	97
8.3.3	Hyödynnettävien asioiden opettaminen.....	98
8.3.4	Opetussuunitelman yhtenäistäminen .....	99
9	Johtopäätökset .....	101
	Lähteet.....	103
	Liite 1: ABET EC2000 - kriteerit .....	107
	Liite 2: Boengin kriteerit.....	108
	Liite 3: CDIO - opetussuunnitelma .....	109
	Liite 4: Ongelmalähtöisen oppimisprosessin seitsemän askeleen malli .....	112
	Liite 5: ITU - matriisi .....	114
	Liite 6: Tuotantotekniikan laitoksen nykytila-analyysi.....	122
	Liite 7: Ensimmäisen projektikurssin toimintasuunnitelma.....	123
	Liite 8: Ensimmäisen projektikurssin vaatimuslista .....	129
	Liite 9: Tuotantotekniikan laitoksen professoreille suunnattu kysely.....	133
	Liite 10: Tuotantotekniikan laitoksen opetushenkilökunnalle suunnattu kysely .....	138
	Liite 11: Chalmersin kolmannen projektikurssin tehtävänanto .....	146
	Liite 12: Tuotantotekniikan laitoksen professoreille suunnatun kyselyn yhteenveto ...	147

# LYHENTEET, TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

<b>Asiakasarvo</b>	Tuotteen asiakkaalle tuoma arvo; tuotteesta saatavan hyödyn ja siihen käytettävien resurssien suhde. (engl. Customer value)
<b>Benchmarkkaus</b>	(engl. benchmarking)
<b>Bloomin taksonomia</b>	Kuusiportainen oppimismalli, jonka mukaan oppiminen etenee ulkoaopettelusta luomiseen.
<b>CAD</b>	Computer Aided Design (suom. Tietokoneavusteinen suunnittelu)
<b>CDIO</b>	Conceive-Design-Implement-Operate
<b>CDIO-viitekehys</b>	Teknillisessä opetuksessa käytettävä viitekehys
<b>Chalmers</b>	Ruotsissa, Göteborgin kaupungissa sijaitseva Teknillinen Yliopisto.
<b>ECTS</b>	European Credit Transfer and Accumulation System. Euroopan laajuinen opintopistejärjestelmä
<b>Fyysinen prototyyppi</b>	Kertaluonteinen malli, jolla kuvataan kappaleen ulkonäköä ja/tai ulkomittoja
<b>Hyödyke</b>	Tuote tai palvelu, jota yritys tuottaa asiakkailleen.
<b>ITU</b>	Introduce-Teach-Utilize. Opetuksen analysoinnissa käytettävä asteikko.
<b>ITU – analyysi</b>	ITU – asteikkoa hyödyntävä työkalu, jolla mitataan esitelyn, opettamisen ja hyödyntämisen suhdetta.
<b>Kolbin oppimismalli</b>	Malli, jossa painotetaan käytännön merkitystä oppimisen osana.
<b>KTH</b>	Kungens Tekniska Högskolan. Tukholmassa sijaitseva teknillinen yliopisto.
<b>Lean - tuotekehitys</b>	Japanilaisten kehittämä tuotekehitysmalli, jossa korjaukset pyritään tekemään projektin alussa
<b>LiU</b>	Linköping University.
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology. Bostonin lähellä sijaitseva teknillinen yliopisto
<b>OLO</b>	Ongelmalähtöinen oppiminen
<b>OPSU</b>	TTY:lla käytössä oleva opetussuunnitelma-työkalu
<b>PBL</b>	Problem Based Learning
<b>RRG</b>	Riitahuhta Research Group
<b>S-käyrä</b>	Käyrä, joka kertoo asiakasarvon suhteessa tuotteen ikään.
<b>Syllabus</b>	Opetussuunnitelma
<b>The Value Model</b>	Ruotsalainen tuotekehitysmalli, joka pyrkii huomioimaan kehitysryhmän, sidosryhmät ja asiakkaan

<b>TPS</b>	Toyota Production System
<b>TVT</b>	Tieto- ja viestintäteknikka
<b>TRIZ</b>	Tuotekehityksessä käytettävä ongelmanratkaisumenetelmä
<b>UML</b>	Unified Markup Language. Eräs graafinen mallinnustapa.

*Taulukko 1. Dokumentissa käytettävät merkintätavat.*

<i>Kursivointi tai ”lainausmerkit”</i>	<i>Suora lainaus</i>
<u>Alleviivaus</u>	<i>Korostus</i>
(Suluissa)	<i>Viittaukset, lyhenteet ja huomiot</i>
[Hakasuluissa]	<i>(Viittaukset)</i>

# 1 JOHDANTO

Insinööritieteiden opetus on kokenut suuria muutoksia viimeisen sadan vuoden aikana. 1900-luvun alkupuolella vallinneesta tilanteesta, jossa teknillisten alojen opettajat olivat käytännön toiminnasta oppinsa saaneita teollisuuden ammattilaisia, on askeleittain kuljettu enemmän tilanteeseen, jossa opettajat omaavat laajat teoreettiset opinnot ja usein tutkijataustan. Suomessa, jossa yhteistyö teollisuuden kanssa on ollut perinteisesti vahvaa, ei tilanne ole ajautunut aivan yhtä pahaksi kuin esimerkiksi joissain yhdysvaltalaisissa yliopistoissa. Maailmanlaajuisesti on kuitenkin huomattu hälyttävä suuntaus, jossa teknillisen alan korkeakoulut etääntyvät liian kauas teollisuuden todellisuudesta. Etäännyminen on heijastunut valmistuneisiin opiskelijoihin, joilla ei ole ollut teollisuuden mielestä tarvittavia valmiuksia uransa aloittamiseen.

CDIO -hankkeen tavoitteena on varmistaa, että opiskelijat omaavat valmistuessaan tarvittavat valmiudet työelämässä selviämiseen. CDIO -konsortio on toteuttanut laajan tutkimuksen siitä, millaisia asioita opiskelijoiden pitäisi valmistuessaan osata. Tutkimuksen pohjalta on muodostettu opetussuunnitelman tyyppinen runko, joka pitää sisällään tärkeimmät taidot, joita insinööreiltä odotetaan. Lisäksi CDIO -viitekehys tarjoaa välineitä opetuksen muokkaamiseen ja kurssien suunnitteluun. Eräs CDIO -viitekehysten keskeisistä asioista ovat suunnittelusta toteutukseen -projektikurssit.

Tällä diplomityöllä onkin kaksi päämäärää: I) selvittää Tampereen Teknillisen Yliopiston Tuotantotekniikan laitoksen opetuksen vastaavuus CDIO -viitekehysten kanssa ja antaa ehdotus opetuksen muokkaamisesta sekä II) saada aikaiseksi toteutussuunnitelma ensimmäisestä CDIO -projektikurssista. Tutkimusmenetelminä työssä on käytetty benchmarkkausta sekä kirjallisuus- ja haastattelututkimuksia. Työ on toteutettu sovelletusti Pahl & Beitzin esittämän VDI 2221 -tuotekehitysmallin mukaan.

Luvussa 2 esitellään CDIO -viitekehys sekä siihen liittyvät standardit ja opetussuunnitelma. Lisäksi käsitellään Bloomin taksonomiaa, joka on olennainen osa CDIO -viitekehystä. Kolmannessa luvussa esitellään työn tekemisessä käytetty Pahl & Beitzin tuotekehitysmalli, jotta lukija voisi ymmärtää työn etenemisen. Lisäksi luvussa esitellään The Value Model- ja Lean -tuotekehitysmallit, joita esitetään käytettäväksi johdantokurssilla. Neljäs luku kertoo oppimisesta ja erilaisista opetusmenetelmistä, ja esittelee olemassa olevia näkemyksiä niiden soveltuvuudesta eri tarkoituksiin. Oppimismalleissa keskitytään erityisesti aktiiviseen ja kokemuseräiseen oppimiseen, joita CDIO -viitekehyksessä korostetaan. Tutkimusasetelma esitellään luvussa viisi. Kuudes luku kertoo työssä käytetyistä tutkimusmenetelmistä.

Luvussa seitsemän esitellään benchmarkkauksen ja kyselyiden tuloksia ja analysoidaan niitä. Kahdeksannessa luvussa esitetään ehdotukset laitoksen toiminnan kehittämi-

sestä ja johdantokurssista. Viimeinen varsinainen luku on yhteenveto työn keskeisestä sisällöstä.

## 2 CDIO

### 2.1 Historia

*"Engineering Scientist and the Natural Scientist travel same road but sometimes in opposite directions. The Engineer goes from the abstract to the concrete: other Scientists from concrete to the abstract. The Astronomer takes most careful and exact measurements of a planet and then deduces its future position and movements in the form of abstract mathematical formulae. The Engineer's work is the converse of this. He invents with his imagination and then builds with his hands." (Glegg 1973, s. 1)*

Ennen toista maailmansotaa akateemisen insinöörikoulutuksen eri osa-alueet, käytännön harjoitukset ja tieteelliset perusteet, olivat hyvässä tasapainossa. Opettajat olivat usein käytännön insinöörejä, jotka keskittyivät työssään ratkaisemaan konkreettisia tekniikan ongelmia. Tämä auttoi opiskelijoita oppimaan tuotteiden ja järjestelmien käsitteellistämistä ja suunnittelua. Toisen maailmansodan jälkeisenä aikakautena tieteellisen ja teknisen tietämyksen nopean lisääntymisen seurauksena koettiin, että tekninen koulutus kehittyi suuntaan, jossa painotettiin vähemmän käytäntöä. Insinöörit kohtaavat tänä päivänä monimutkaisia teknisiä ongelmia, joiden ratkaisemiseen tarvitaan selvästi muutakin kuin puhdasta teknistä tietämystä. Tämä on johtanut kasvaneeseen huoleen teollisuuden keskuudessa siitä, että valmistuvat opiskelijat ovat teknisesti päteviä, mutta heiltä puuttuu monia muita insinööreille tärkeitä taitoja. Siksi on olemassa tarve teknisen opetuksen uudelle mallille, joka yhdistää perustaidot painottuen teknisten järjestelmien ymmärtämiseen, suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon, samalla kehittäen muita henkilökohtaisia ja ihmissuhdetaitoja. (Mukaiillen Crawley et al., s. XIV–19)

Ryhmä teknillisten yliopistojen opettajia alkoi tutkia tätä asiaa 1990 -luvun lopulla. Heidän työnsä tuloksena on uusi lähestymistapa tekniseen opetukseen, tavoite, joka voidaan ilmaista seuraavasti: Valmistuvien opiskelijoiden pitäisi pystyä ymmärtämään, suunnittelemaan, toteuttamaan ja ylläpitämään monimutkaisia, arvoa lisääviä teknisiä järjestelmiä modernissa, ryhmäpohjaisessa ympäristössä. Tämä lähestymistapa tuli tunnetuksi nimellä CDIO. (Mukaiillen Crawley et al., s. 1–19) CDIO on avoimen arkkitehtuurin viitekehys, joka on suunniteltu, ja jota suositellaan erityisesti kaikille teknillisten yliopistojen koulutusohjelmille. (CDIO Home Page)



## 2.2 Tausta

### 2.2.1 CDIO -työryhmän tavoitteet ja ongelmat

CDIO -työryhmän tavoitteena oli luoda perusta, jonka pohjalta voi helposti määrittää koulutusohjelman päämäärät ja osaamistavoitteet. Työryhmän näkemyksen mukaan teknillisen alan korkeakouluissa tulisi oppia neljän tyyppisiä asioita:

1. Teknillistä tietämystä ja päättelykykyä
2. Henkilökohtaisia ja ammatillisia taitoja ja ominaisuuksia
3. Ihmissuhdetaitoja, kuten tiimityöskentelyä ja kommunikointia, sekä
4. Järjestelmien havainnointia, suunnittelua, käyttöönottamista ja käyttöä yhteiskunta ja yritys ympäristö huomioiden. (Crawley et al. 2007, s. 24)

Lähtökohtana oli myös, että opetuksen pitää perustua eri sidosryhmien (engl. stakeholders) tarpeisiin. Sidosryhminä teknillisen alan korkeakouluilla ovat tietenkin opiskelijat, mutta lisäksi myös yhteiskunta ja teollisuus. Näin ollen teknillisen alan osaajien tulisi omata taitoja, joita teollisuudessa tarvitaan, mutta heidän pitäisi myös huomioida eettiset näkökulmat, ympäristö ja muut vastaavat tekijät. (Crawley et al. 2007, s. 1-16)

Teknillisessä opetuksessa on nykyään myös poikkeuksellisen vahvasti esillä ristiriita erityisosaamisen ja laajan yleisosaamisen välillä; opiskelijoille pitäisi opettaa paljon tietämystä omasta alasta, mutta toisaalta myös muista insinööritieteistä pitäisi omata paljon perusteita (Crawley et al. 2007, s. 2), sillä monialaisuus on teknillisille projekteille varsin tyypillistä.

Näin ollen CDIO -työryhmä päätyi toteamukseen, että teknillisten korkeakoulujen tavoitteena on "kouluttaa opiskelijoita, jotka osaavat hahmottaa, suunnitella, ottaa käyttöön ja käyttää monimutkaisia, lisäarvoa tuottavia, insinöörituotteita, -prosesseja ja -järjestelmiä nykyaikaisissa, ryhmäpohjaisissa ympäristöissä". Silloisen vallitsevan tilan pohjalta löydettiin kolme ongelmaa, jotka pitäisi korjata. Tulevaisuudessa insinöörien pitäisi:

1. Omata syvällisempiä työskentelytaitoja teknillisiin perusteisiin liittyen.
2. Johtaa (engl. lead) uusien tuotteiden, prosessien ja järjestelmien luomista ja käyttöä.
3. Ymmärtää tutkimuksen ja teknologian kehittymisen vaikutus ja strateginen merkitys yhteiskunnassa. (Crawley et al. 2007, s. 2)

Työryhmä törmäsi kuitenkin muutamiin ongelmiin:

- Mitkä tarkalleen ovat ne taidot (esimerkiksi teknilliset ja henkilökohtaiset), joita valmistuva opiskelija tarvitsee työelämässä?
- Kuinka tarpeellisten taitojen oppiminen voidaan varmistaa? (Crawley et al. 2007, s. 10)

- Kuinka nostaa opiskelijoiden osaamisen tasoa pidentämättä opiskeluaikaa ja vaatimatta lisää resursseja? (Crawley et al. 2007, s. 29)
- Kuinka tehdä insinööritieteistä helpommin lähestyttäviä ilman opetuksen laadun heikkenemistä? (Crawley et al. 2007, s. 17)

## 2.2.2 CDIO -työryhmän ratkaisut

### **Mitkä ovat tarkalleen ne taidot, joita valmistuva opiskelija tarvitsee työelämässä?**

CDIO- työryhmä päätti muodostaa listan valmistuvilta insinööreiltä yleisesti odotetuista taidoista. Lista koostettiin olemassa olevien kansallisten standardien, teknillisen alan ABET EC2000 -vaatimusten (*Liite 1*) ja Boeing-yhtiön kriteerien mukaan (*Liite 2*). Tästä listasta muodostui CDIO -opetussuunnitelma (*Liite 3*). (Crawley et al. 2007, s. 46-48)

### **Kuinka tarpeellisten taitojen oppiminen voidaan varmistaa?**

Jotta tarpeellisten taitojen oppiminen voitaisiin varmistaa, piti CDIO työryhmän keksiä uusia tapoja testata osaamista: perinteisellä tentillä ei pystytty testaamaan osaamisen eri alueita, ja toisaalta tentillä ei voida testata kuin opiskelijoiden osaamista. Tähän ratkaisuksi keksittiin erilaiset arviointi- ja palautemenetelmät. CDIO:n keskeisiä ideoita ovatkin jatkuva sidosryhmiltä hankittava palaute, jonka pohjalta toimintaa kehitetään eteenpäin (Crawley et al., s. 16), ja varsinkin ryhmätöissä käytettävät vertaisarviointit.

### **Kuinka nostaa opiskelijoiden osaamisen tasoa pidentämättä opiskeluaikaa ja vaatimatta lisää resursseja?**

CDIO- työryhmä päätyi siihen tulokseen, että vaikka insinööreille pitäisi opettaa enemmän asioita, pitäisi opiskeluaikaa ennemminkin lyhentää kuin pidentää. Tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jäi se, että nykyisessä ajassa opetetaan enemmän asioita kuin aiemmin. Jotta tämä olisi mahdollista, pitää eri opiskelutapoja yhdistellä toisiinsa. (Crawley et al. 2007, s.25-29) Toisaalta laadun parantamiseen liittyen oli huomattu, että aktiiviset oppimismenetelmät parantavat selkeästi oppimistuloksia (Crawley et al. 2007, s. 29).

### **Kuinka tehdä insinööritieteistä helpommin lähestyttäviä ilman opetuksen laadun heikkenemistä?**

Insinööritieteiden opetus on yleensä perustunut pitkälti teorian opettamiseen. Kuitenkin insinööritieteet ovat varsin käytännönläheisiä: yleensä insinööritoiminnan lopputuloksena syntyy tuote, jota voidaan jollain tapaa käyttää. Varsinkin vaikeaa asiaa sisältävät teoriakurssit ovat raskaita seurata ja ymmärtää. Tästä lähtökohdasta CDIO -työryhmä päätyi uudenlaiseen opetussuunnitelmaan, joka vaatii

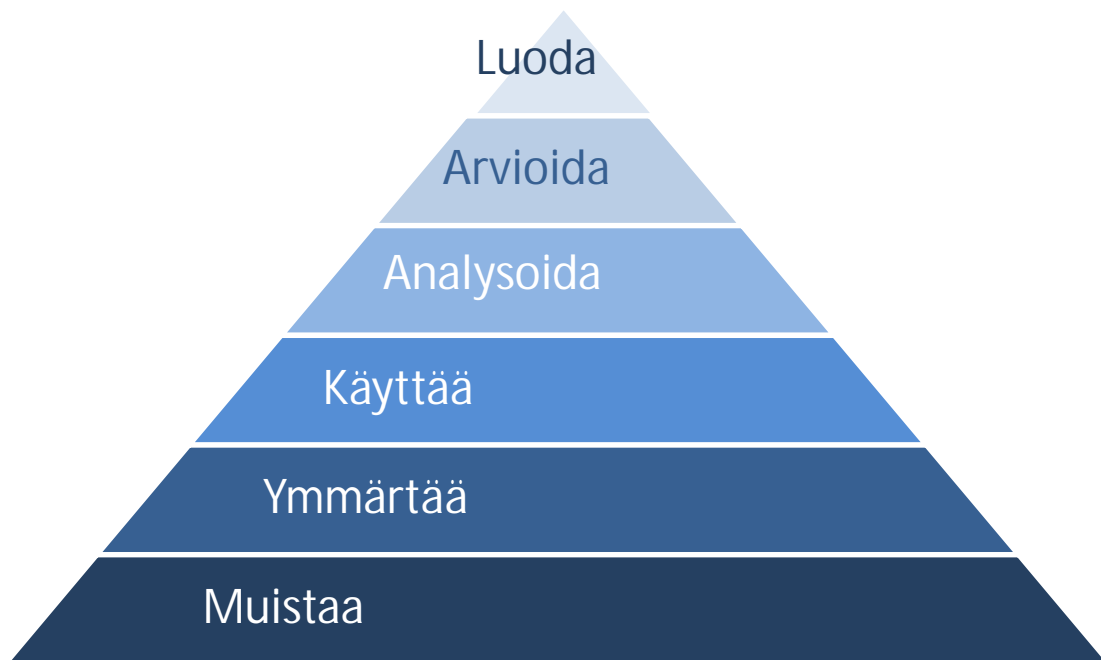
1. Esittelykurssin, joka toimii kehikkona, jonka varaan tietämystä voi rakentaa. Käytännön kurssi tulisi järjestää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa opintoja, sillä oppiminen etenee käytännön osaamisesta abstraktiin, ei toisinpäin. (Crawley et al. 2007, s. 27-30, 97-101 & 272)
2. Peruskursseja, jotka linkitetään muuhun opetukseen siten, että opiskelija ymmärtää monialaosaamisen merkityksen (Crawley et al. 2007, s. 27-28).
3. Loppukurssin, jolla opiskelija pääsee hyödyntämään käytännössä oppimiaan taitoja (Crawley et al. 2007, s. 27-28).

Työryhmä totesi projekteihin perustuvan opetuksen hyväksi toimintatavaksi sen takia, että projektit ovat insinööriyön luonnollinen muoto: suurin osa insinööreistä työskentelee pääosan ajastaan projektien parissa. (Crawley et al. 2007, s. 14)

### 2.2.3 Bloomin taksonomia

Tässä työssä viitataan useasti Bloomin taksonomiaan, jolla tarkoitetaan Bloomin oppimisen eri tasoja kuvaavaa kuusiportaista luokitusta. Bloomin taksonomian perusideana on, että matalimmalla oppimisen tasolla oleva opiskelija pystyy vain muistamaan asioita ulkoa ja toistamaan oppimiaan asioita, kun taas korkeimmalla tasolla oleva opiskelija pystyy yhdistelemään aiheeseen liittyviä asioita toisiinsa ja luomaan uutta oppimiensa tietojen pohjalta. Bloomin taksonomiaa kuvataankin usein pyramidilla, jonka huippu on luominen ja pohja muistaminen (*Kuva 2.1*). (Crawley et al. 2007, s. 73-74)

Bloomin taksonomian eri tasoja varten on myös olemassa ns. aktiivisia verbejä, jotka kuvaavat asioita, joihin kyseisellä tasolla oleva opiskelija pystyy. Näitä verbejä käytetään avuksi muotoiltaessa tavoitteita. (Crawley et al. 2007, s. 74) Osaa verbeistä tulee käyttää harkiten, koska niitä on vaikea ymmärtää yksiselitteisesti. Tällaisia verbejä ovat muun muassa tietää, ymmärtää ja hallita. On esimerkiksi vaikea arvioida, milloin opiskelija todella tietää jonkin asian, tai mikä on riittävä ymmärrys.



*Kuva 2.1. Bloomin taksonomian mukaan oppiminen etenee ulkoaopettelusta luomiseen.*

## 2.3 Opetussuunnitelma (Syllabus)

CDIO -opetussuunnitelma on lista osaamistavoitteista. Lista on kooste erilaisista kyvyistä ja osaamisalueista, jotka ovat olennaisia insinöörialalla. Opetussuunnitelman on tarkoitus toimia ikäänkuin muistilistana; CDIO -viitekehyksen käyttöönottava taho saa itse päättää, mitkä opetussuunnitelman asiat nähdään tärkeiksi opetuksessa, ja kuinka paljon resursseja niihin panostetaan. (Crawley et al. 2007, s. 4)

CDIO -opetussuunnitelma sai alkunsa MIT:n tutkimuksista, joilla yritettiin saada selville insinööriltä vaadittavia ominaisuuksia. Opetussuunnitelma perustuu osittain Boeingin listaan "Desired Attributes of an Engineer" (*Liite 2*) ja osittain ABETin (*Liite 1*) vaatimuksiin, mutta mukaan on otettu paljon kohtia myös muualta, kuten eri maiden kansallisista standardeista. (Crawley et al. 2007, s. 9-19 & 49-62)

## 2.4 Standardit

### 2.4.1 Yleistä CDIO -standardeista

CDIO tukee 12 standardin avulla CDIO- viitekehyksen mukaan toimivien korkeakoulujen koulutuksen kehittämistä. Standardien päätarkoitus on toimia työkaluna CDIO- viitekehyksen käyttöönotossa, opetusohjelman arvioinnissa ja sen jatkuvassa parantamisessa. Seitsemän näistä standardeista on välttämättömiä, koska ne erottavat CDIO:n muista koulutuksen kehittämisohjelmista. Muut viisi standardia parantavat merkittävästi CDIO -opetusohjelmaa ja kuvastavat insinöörikoulutuksen parhaita käytäntöjä. (Crawley et al. 2007, s. 269-278) Välttämättömät standardit on merkitty tähdellä (\*).

Standardit voidaan jakaa kuuteen eri kokonaisuuteen. Ensimmäinen standardi korostaa opetusohjelman ajattelutavan muutosta. Toinen, kolmas ja neljäs standardi keskittyvät opetusohjelman kehittämiseen. Viides ja kuudes standardi painottavat rakennustestaa-kokemuksia ja työympäristöä. Seitsemäs ja kahdeksas standardi korostavat opetuksen ja oppimisen uusia tapoja. Yhdeksäs ja kymmenes standardi tähdentävät henkilökunnan CDIO- ja opetustaitojen lisäämistä. Viimeiset kaksi standardia painottavat oppimisen ja opetusohjelman arvioinnin ja laadunvarmistuksen onnistumista. (Crawley et al. 2007, s. 269-278)

#### **2.4.2 Standardi 1: CDIO viitekehyksenä (CDIO as context)\***

CDIO:n ensimmäisen standardin mukaan viitekehyksen käyttäjän on omaksuttava näkökulma, jonka mukaan insinöörikoulutuksen keskeisiä asioita ovat tuotteiden, järjestelmien ja prosessien elinkaarten kehittyminen sekä tuotteiden, järjestelmien ja prosessien hahmottaminen, suunnittelu, toteuttaminen ja käyttäminen. Hahmottamisella tarkoitetaan varsinaisen ongelman havaitsemisen lisäksi myös esimerkiksi asiakkaan tarpeiden, tarvittavan teknologian, toimivan strategian ja lainsäädännöllisten asioiden hahmottamista. Suunnittelu puolestaan käsittää suunnitelmien, piirustusten, algoritmien ja muiden ratkaisujen suunnittelun. Toteuttaminen viittaa muun muassa valmistamiseen, testaamiseen ja laadunvarmistamiseen. Käyttämällä tarkoitetaan tuotteen käyttämistä, kunnossapitoa ja käytöstä poistamista. (Crawley et al. 2007, s. 270)

#### **2.4.3 Standardi 2: Oppimistulokset\***

Toinen CDIO -standardi ottaa kantaa osaamistavoitteisiin. Standardin mukaan osaamistavoitteet pitää määrittää tieteellisen tietämyksen lisäksi myös henkilökohtaisille kyvyille, ryhmätyökyvyille, prosessien ja järjestelmien rakentamistaidoille. Tavoitteiden on oltava yhteydessä koulutusohjelman tavoitteisiin ja sidosryhmien tarpeisiin. Henkilökohtaisilla kyvyillä tarkoitetaan opiskelijan henkilökohtaisia taitoja, jotka liittyvät esimerkiksi tiedonhankintaan, ongelmanratkaisemiseen, luovaan ajatteluun, kriittiseen ajatteluun ja eettisiin ratkaisuihin; rakentamistaidoilla puolestaan viitataan laitteiden rakentamiseen ja käyttämiseen niiden luonnollisessa ympäristössä. (Crawley et al. 2007, s.49)

#### **2.4.4 Standardi 3: Kokonaisvaltainen ja yhtenäinen opetusohjelma\***

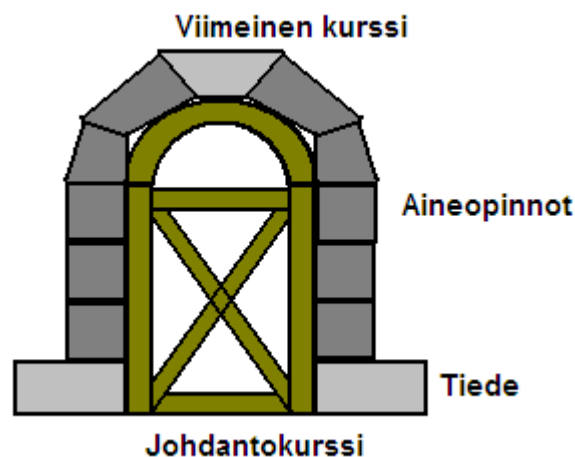
Kolmannen standardin mukaan opetusohjelma suunnitellaan toisiaan tukevista tieteenalan kurseista siten, että on olemassa erillinen suunnitelma henkilökohtaisten taitojen, ryhmätyötaitojen, ja tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaidoista. Crawley et alin (2007) mukaan tieteenalan kurssit tukevat toisiaan silloin, kun niiden välillä on yhteyksiä esimerkiksi yhteisen sisällön ja yhteisten osaamistavoitteiden kautta.

Kurssien yhdistelemistä tukevia näkökulmia on kaksi: toisaalta yhdistelemisellä säästetään aikaa ja resursseja, toisaalta yhdistämällä teoriaa ja käytäntöä saadaan asiat opetettua oikeassa yhteydessä. Varsinkin ajan säästäminen on tärkeää jos opiskelijoille halutaan opettaa asioita syvällisemmin kasvattamatta opintojen pituutta. (Crawley et al. 2007, s. 28-29 & 272) Toisaalta asioiden oppiminen käytännön kautta on antaa opiskelijalle syvällisemmän ymmärtämisen esimerkiksi toleranssien merkityksestä.

#### 2.4.5 Standardi 4: Johdantokurssi tekniikkaan

Standardin 4 mukaan "johdantokurssi tarjoaa viitekehyksen insinööritoimintaan tuotteen, prosessin ja järjestelmän rakentamisesta, ja tutustuttaa opiskelijat tärkeimpiin henkilökohtaisiin ja ryhmätyöskentelytaitoihin". Johdantokurssin on tarkoitus toimia suunnannäyttäjänä ja tarjota pikaisen vilkaisun insinöörien käytännön toimintaan ja rooleihin. (Crawley et al. 2007, s.98-99)

Johdantokurssi on yleensä ensimmäinen kurssi, jolle opiskelijat osallistuvat aloitettuaan opiskelunsa. Kurssin tarkoituksena on esitellä insinööritoiminnan eri osa-alueita, mutta myös opettaa taitoja ja asenteita, jotka ovat tärkeitä, jotta opiskelija voi edetä opinnoissaan kohti monimutkaisempia asioita. Crawley et alin (2007) kirjassa tätä oppimisprosessia kuvataan holvin rakentamisen avulla (*Kuva 2.2*): johdantokurssi toimii kehikkona, jonka varaan muut kurssit (kivet) ladotaan. Kun viimeinen kurssi (ylin kivi) on suoritettu, ei kehikkoa enää tarvita, koska opiskelijalla on syvä ymmärtämys asioista. Ennen syvällistä ymmärtämistä tarvitaan kuitenkin jotain tietämystä (kehikko), jotta opitut asiat voidaan yhdistää alati rakentuvaan kokonaisuuteen. (Crawley et al. 2007, s. 98-99)



**Kuva 2.2.** Johdantokurssin symbolinen rooli teknisen tietämyksen rakentumisessa (Mukaillen Crawley et al. 2007, s. 98).

### **2.4.6 Standardi 5: Suunnittelusta toteutukseen – oppimiskokemukset\***

Standarin 5 mukaan opetussuunnitelmassa pitäisi olla vähintään kaksi suunnittelusta toteutukseen -kurssia, joista toisen pitäisi olla peruskurssi ja toisen syventävän tason kurssi. Syventävän tason kurssin pitäisi mennä monimutkaisuudessa pidemmälle ja tarkastella asioita laajemmasta näkökulmasta. (Crawley et al. 2007, s. 105)

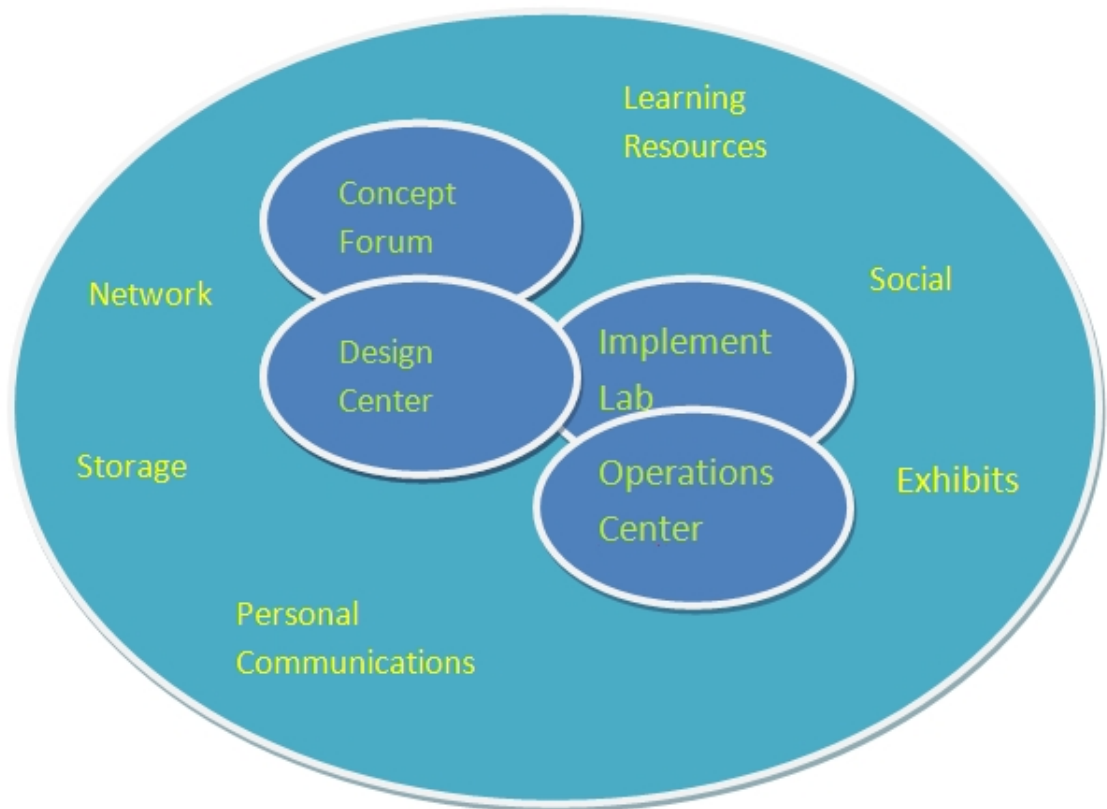
Suunnittelusta toteutukseen -kurssien tavoitteena on luoda opiskelijoille kokonaiskuva tuotteiden, prosessien ja järjestelmien kehittämisestä. Kurssit pitäisi suunnitella siten, että ne pakottavat opiskelijat opiskelemaan tieteenalan perusteita. Ensimmäisen kurssin on tarkoitus toimia varsin konkreettisenä harjoituksena, jonka jälkeen opiskelija kykenee ymmärtämään paremmin myöhemmin opittavia teorioita ja abstraktioita, jotka liittyvät aiheeseen. Myöhäisempien kurssien tarkoituksena on hyödyntää opittua tietoa ja viedä käytännön tekeminen entistä vaikeammalle tasolle. (Crawley et al. 2007, s. 105)

### **2.4.7 Standardi 6: Tekniikan opettamiseen sopivat tilat**

Kuudennen standardin mukaan työtilojen pitää tukea ja kannustaa käytännönläheiseen oppimiseen tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamisessa, ja tieteenalalla vaadittavassa osaamisessa sekä sosiaalisessa oppimisessa (Crawley et al. 2007, s. 117; katso myös *Kuva 2.3*). Käytännössä kuudes standardi siis edellyttää, että opiskelijoilla on oltava tilat, joissa voidaan rakentaa, suunnitella ja keskustella asioista. Näin ollen CDIO -viitekehyksen kannalta on olennaista, että opiskelijoille tarjotaan tilat

- Työstämiseen
- Kokoamiseen
- Suunnitteluun
- Testaamiseen ja
- Keskusteluun (Crawley et al. 2007, s. 117-121)

Minkään tilan ei tarvitse toteuttaa kaikkia yllä olevia vaatimuksia, vaan esimerkiksi osien työstämiseen tarkoitettut tilat voivat sijaita hajautetustikin, kunhan kokoaminen tehdään tarvittavan suuressa tilassa. Crawley et alin (2007) mukaan ryhmätaitojen kehittämisen kannalta olisi edullista, jos rakentamiseen ja testaamiseen tarkoitettut tilat olisivat niin suuria, että monta ryhmää voisi toimia niissä samanaikaisesti. Tällöin ryhmät voisivat oppia myös toisiltaan ja jakaa tietämystään ongelmista, joihin usea ryhmä on törmännyt. (Crawley et al. 2007, s. 117-121)



**Kuva 2.3.** CDIO - tiloille asetettavia vaatimuksia. Tiloja tarvitaan muun muassa varastoimiseen, verkostoitumiseen ja konseptien esittelemiseen. (Mukaillen Crawley et al. 2007, s. 119).

Tärkeää on myös, että opiskelijoille järjestetään viihtyisiä ja siistejä ryhmätyötiloja, joissa ryhmät voivat keskustella asioista rauhassa. Tällaiset tilat tukevat sosiaalista verkostoitumista ja opiskelijoiden kommunikaatiotaitojen kehittymistä. Crawley et alin kirjassa (2007) näitä tiloja kutsutaan Conceive- tiloiksi. Conceive- tilat sisältävät yleensä kommunikaatiovälineitä, kuten tauluja ja piirtoheittimiä, sekä mahdollisuuden päästä käsiksi tietoon (kirjoja ja tietokoneita). (Crawley et al. 2007, s. 117-121)



### 2.4.8 Standardi 7: Yhdistetyt oppimiskokemukset\*

Seitsemäs standardi käsittelee yhdistettyjä oppimiskokemuksia. Yhdistetyt oppimiskokemukset johtavat samanaikaisesti sekä teoreettisen tietämyksen että henkilökohtaisten taitojen, ryhmätyötaitojen ja tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaitojen kehittymiseen. Yhdistetyt oppimiskokemukset vaativat tietynlaisten pedagogisten menetelmien käyttöä. Yhdistetyissä oppimiskokemuksissa on tarkoituksena esitellä ongelmia, joihin insinöörit törmäävät ammatissaan. Tarkoituksena on, että ongelmat esitetään realistisessa ympäristössään. Yhdistettyjä oppimiskokemuksia luotaessa avainasemassa ovat teollisuus, alumnit ja muut sidosryhmien edustajat. (Crawley et al. 2007, s. 274)

Yhdistetyt oppimiskokemukset tukevat standardeja 2 ja 3, koska vain yhdistelemällä oppimiskokemuksia voidaan lisätä oppimisen määrää ilman, että opiskeluaika pitenee. (Crawley et al. 2007, s. 274)

### 2.4.9 Standardi 8: Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen

Kahdeksannen standardin mukaan opettamisen ja oppimisen pitäisi perustua kokemusperäisiin ja aktiivisiin oppimismenetelmiin. Aktiivisessa oppimisessa opiskelijat tutustuvat asioihin ajattelemalla ja ratkaisemalla ongelmia. Opetus perustuu vähemmän passiiviseen tiedonvälittämiseen ja enemmän muokkaamiseen, analysointiin, soveltamiseen ja arviointiin. Massakursseilla aktiivista oppimista voidaan harjoittaa esimerkiksi ryhmäkeskustelujen, esitysten, väittelyiden, kyselyiden ja palautteen avulla. Kokemusperäistä oppimista tapahtuu esimerkiksi silloin kun opiskelijat asettuvat insinöörin rooliin rakentamalla mallin, jolla simuloidaan laitteen toimintaa. (Mukaiillen Crawley et al. 2007, s. 275)

### 2.4.10 Standardi 9: Opetushenkilökunnan CDIO -taitojen lisääminen\*

Laitoksen työntekijöiden CDIO -taitoja käsittelevän standardin 9 mukaan "laitoksen henkilökunnan henkilökohtaisia taitoja, ryhmätyötaitoja sekä tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaitoja" on parannettava. Jos henkilökunnan oletetaan opettavan CDIO -taitoja opiskelijoille, on myös varmistuttava siitä, että henkilökunnan oma osaaminen kyseisillä osa-alueilla on riittävän korkealla tasolla. Crawley et alin mukaan monet insinööritieteitä opettavat professorit ovat oman alansa huippututkijoita, mutta omaavat vain rajallisesti kokemusta teollisuudesta. Tähän ehdotetaankin kolmea ratkaisua:

- Laitos voisi palkata henkilökuntaa jolla on kokemusta teollisuudesta, tai vaihtoehtoisesti antaa uusille työntekijöille mahdollisuus viettää vuosi aikaa teollisuudessa.

- Laitoksen työntekijöitä voisi kouluttaa seminaareilla, työkursseilla tai yhteistyössä teollisuuden kanssa.
- Laitos voisi palkata vanhempia työntekijöitä teollisuudesta kouluttamaan ja ohjaamaan muuta laitoksen henkilökuntaa, tai vaihtoehtoisesti houkutella teollisuudessa toimivia insinöörejä osa-aikaisiin opetustehtäviin. (Crawley et al. 2007, s. 182-183)

#### **2.4.11 Standardi 10: Opetushenkilökunnan opetustaitojen lisääminen**

Kymmenes standardi määrittää, että laitoksen henkilökunnan kykyä käyttää yhdistettyjä oppimiskokemuksia pitää parantaa aktiivisen ja kokemuseräisen oppimisen sekä opiskelijoiden oppimisen arvioinnin osalta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitoksen henkilökunnalle pitää tarjota mahdollisuuksia kouluttaa itseään opettamisen saralla. Opetustaitojen kehittymistä on seurattava ja arvioitava. (Mukaihen Crawley et al. 2007, s. 276-277)

#### **2.4.12 Standardi 11: Oppimisen arviointi\***

Oppimisen arviointia käsittelevä yhdestoista standardi määrittää, että opiskelijoiden henkilökohtaisia taitoja, ryhmätyötaitoja, teoreettisia taitoja sekä tuotteen, järjestelmän ja prosessin rakentamistaitoja on arvioitava. Arvioinnissa verrataan kuinka hyvin opiskelija on saavuttanut osaamistavoitteet. (Crawley et al. 2007, s. 277-278)

#### **2.4.13 Standardi 12: Opetusohjelman arviointi**

Viimeinen, kahdestoista standardi määrittää, että CDIO -viitekehystä käyttävällä taholla pitää olla käytössään arviointijärjestelmä, joka arvioi opetusohjelmaa verraten sitä 12 standardiin ja antaa palautetta opiskelijoille, laitokselle ja muille sidosryhmille, jotta jatkuva kehittyminen olisi mahdollista. Palautetta voidaan kerätä muun muassa opiskelijoilta tulevana kurssiarvioina, ulkoisten tahojen arvioina ja ohjaajien arvioina. Palautteen pohjalta tehdään päätöksiä kun kursseja parannetaan tulevaisuudessa. (Crawley et al. 2007, s. 278)

### **2.5 Tekniikan opettamiseen sopivat työtilat**

Kuten kaikissa muissakin uudelleensuunnitteluprosesseissa, nykyistä tuotetta täytyy ensin analysoida kriittisesti ja kerätä siitä riittävästi tietoa. CDIO- työtilojen suunnittelun ja käyttöönoton prosessi sisältää nykyisten tilojen sekä niihin liittyvien tarvikkeiden ja varusteiden tarkastelua. Nykyiset työtilat ovat todennäköisesti joko perinteisiä työpajoja tai virallisia laboratorioita, ja ovat sopimattomia CDIO- opetussuunnitelman mukaisille suunnittele – rakenna kokemuksille. (CDIO Home Page)

On tärkeää muistaa, että työtilojen tarkoitus on tukea CDIO- opetussuunnitelmaa ja näin ollen tilat tulee suunnilla osana opetussuunnitelman suunnitteluprosessia. Suositeltavaa on pitää ennen suunnitteluprosessin alkua yleinen ideapalaveri ja keskusteluja laitoksen henkilökunnan kanssa. Suunnitteluprosessin aikana pitäisi muodostaa ideoita ja tarkastella niitä yksityiskohtaisesti, jotta huomataan epäkohtia ja potentiaalisia ongelmia. Olisi myös hyvä antaa tiloille mahdollisuus kehittyä ajan kuluessa mieluummin kuin että ne ylisuunnitellaan alkuvaiheessa. (CDIO Home Page)

Seuraavassa on lista työtiloilta vaadittavista ja toivottavista ominaisuuksista, sekä tarkastuslista tilojen suunnittelua varten:

Välttämättömiä ominaisuuksia:

- Helpottaa CDIO -taitojen oppimista
- Kannustaa tuotteiden ja systeemien käytännön oppimiseen
- Helpottaa ryhmätyöskentelyä, sosiaalista kanssakäymistä ja kommunikointia
- Tarjoaa riittävät harjoittelumahdollisuudet
- Noudattaa paikallisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia (CDIO Home Page)

Toivottavia:

- Opiskelijoiden organisoima ja hallitsema
- Tarjoaa joustavat varustelut ja toiminnot
- Opiskelijoiden sisäänpääsy myös toimistoaikojen ulkopuolella
- Tarjoaa mahdollisuuden käyttää nykyaikaisia työkaluja, tarvikkeita ja ohjelmistoja (CDIO Home Page)

### **Työtilan suunnittelun tarkastuslista:**

Toiminnallisuus:

- Kuinka monella kurssilla työtilaa käytetään?
- Kuinka monta opiskelijaa maksimissaan on tilassa yhtä aikaa?
- Kuinka usein työtilaa käytetään?
- Kuinka paljon tilaa tarvitaan?
- Käytetäänkö työtilaa yhteen vai useampaan tarkoitukseen?
- Mitä välineitä tarvitaan?
- Onko toiminta valvottua ja/vai itsenäisiä?
- Tarvitaanko työn aikana varastotilaa?
- Kuinka paljon ohjausta oppilaat saavat? (CDIO Home Page)

Omistajuus:

- Kuinka paljon tilojen rakentaminen ja ylläpitäminen maksaa?

- Kuka vastaa yllättävistä kustannuksista? (CDIO Home Page)

#### Hallinnointi:

- Minkälaista henkilökuntaa tarvitaan?
- Mitä tarvikkeita tarvitaan?
- Kuka vastaa tilojen ylläpidosta ja puhdistuksesta?
- Kuinka tilojen varaus/aikataulutus hoidetaan?
- Tarvitaanko uusia luottamustoimia?
- Mitä seuraamuksia tulee terveys- ja turvallisuussäännöksistä?
- Ovatko työtilat pitkäaikaisia? (CDIO Home Page)

#### Kulkuoikeudet:

- Mitä rajoituksia opiskelijoiden kulkuoikeuksille tulee?
- Onko opiskelijoilla mahdollisuus varata tilat?
- Ovatko tilat laitoksen/opiskelijoiden/julkisessa käytössä?
- Kuinka kulkuoikeudet jaetaan oikeudenmukaisesti?
- Onko eri ryhmillä kulkuoikeudet eri alueille?
- Kuinka tilat ovat vuorovaikutuksessa muiden opetus/oppimistilojen kanssa? (CDIO Home Page)

#### Työtilojen käyttöönnoton ohjenuorat:

- Painota turvallisuutta koko ajan
- Tarjoa 24/7 kulkuoikeus tiloihin kunhan kaikista turvallisuusasioista on huolehdittu
- Eri opiskelijat vaativat eri määrän valvontaa
- Järjestä kurssin vetäjien kanssa materiaalien ja osien tilauksia
- Suorita kenraaliharjoituksia minimoidaksesi uusien kurssien järjestämiseen kuuluvia riskejä
- Käytöstä aiheutuvien kustannusten seuranta on jatkuva haaste
- Varmista jokaisen projektin alussa, että kaikki tarvittavat työkalut ja tarvikkeet ovat käytettävissä (CDIO Home Page)

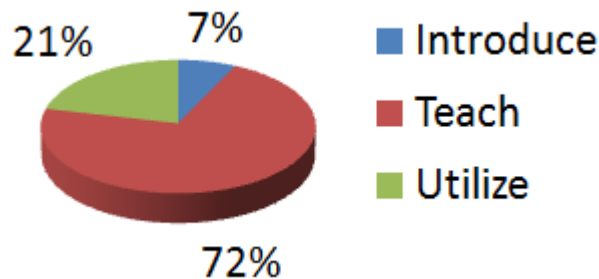
## 2.6 ITU -analyysi

CDIO –viitekehyksen mukaan opetusohjelmaa tulee tarkkailla ITU -analyysin avulla. Lyhenne ITU muodostuu sanoista esitellä (Introduce), opettaa (Teach), käyttää (Utilize). ITU -analyysissä opetus jaetaan kolmeen kategoriaan: aiheen esittelyyn (I), opettamiseen (T) ja opitun tietämyksen hyödyntämiseen käytännössä (U). Esittely tarkoittaa sitä, että aihe opetetaan lyhyesti, tai sitä sivutaan, mutta aiheesta ei ole välttämättä oppimistavoitteita. Opettamisella tarkoitetaan sitä, kun opiskelijoiden Bloomin taksonomian

mukaista osaamistasoa pyritään nostamaan ainakin yhdellä askeleella (katso *Luku 2.2.3*). Käytännön hyödyntämisellä puolestaan tarkoitetaan sitä, kun aiheeseen ei liity osaamistavoitteita, mutta opiskelijat hyödyntävät tämän aiheen tietämystään saavuttaakseen muita osaamistavoitteita. (Bankel et al. 2005)

Analyysi aloitetaan selvittämällä, mitä CDIO – opetussuunnitelman osa-alueita kullakin kurssilla esitellään, opetetaan ja hyödynnetään. Tämän jälkeen lasketaan I:n, T:n ja U:n väliset suhteet. (Bankel et al. 2005)

Opetuksen tulisi edetä esittelystä hyödyntämiseen, koska asiaa ei voida hyödyntää ennen kuin perusteet on opetettu. Kyselystä voidaanakin havaita tilanteet, joissa jotain tietämystä vaaditaan hyödyntämään kurssilla, vaikka aihetta ei ole vielä opetettu. Kysely myös paljastaa tilanteet, joissa jokin aihe esitellään monella kurssilla, mutta sitä ei varsinaisesti opeteta millään kurssilla. *Kuva 2.4* on esitetty CDIO:n suositukset I:n, T:n ja U:n suhteista toisiinsa nähden. (Bankel et al. 2005; Crawley et al. 2007, s. 31 & 87)



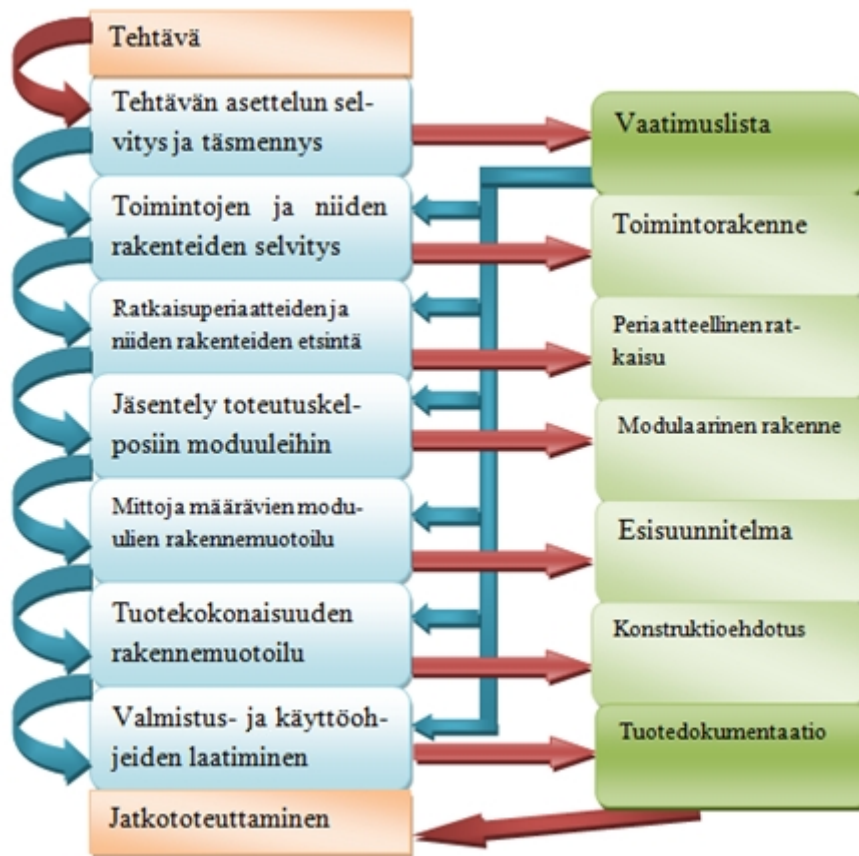
**Kuva 2.4.** CDIO:n mukaiset ITU-suhteet.

## 3 TUOTEKEHITYSMALLEJA

### 3.1 Pahl & Beitzin VDI 2221

#### 3.1.1 Yleistä

Tämä työ on toteutettu tuotekehitysprojektin omaisesti, Pahl & Beitzin kirjassa Koneen-suunnitteluoppi (1986) esitetyn VDI 2221 -mallin (*Kuva 3.1*) mukaan. VDI 2221 -mallissa lähdetään liikkeelle tehtävänasettelun selvityksestä ja täsmennyksestä, jonka pohjalta saadaan aikaiseksi vaatimuslista. Vaatimuslistaa hyödyntämällä päästään seuraavaan vaiheeseen, jossa selvitetään toimintorakenne. Toimintorakenteesta puolestaan päädytään ratkaisuperiaatteiden etsintään, jonka tuotoksena syntyy periaatteellinen ratkaisu. Periaatteellinen ratkaisu jäsennellään moduuleihin, jotka määräävät tuotteen mitat. Mittojen pohjalta saadaan esisuunnitelma, josta hiotaan konstruktioehdotus. Lopuksi laaditaan tuotedokumentaatio, jonka jälkeen siirrytään jatkokehityksen pariin. (Pahl & Beitz 1990, s. 47)



*Kuva 3.1. VDI 2221 (Mukaillen Pahl & Beitz 1990, s. 47).*

### 3.1.2 Vaatimuslista

Tuotekehitysprosessin alussa tulee tunnistaa tuotteeseen kohdistuvat vaatimukset ja toiveet. Vaatimuslistaan kirjoitetaan ominaisuudet, joita tuotteelta vaaditaan ja toivotaan. Vaatimukset täytyy täyttää kaikissa oloissa ja niiden käyttämättä jättäminen johtaa ratkaisun hylkäämiseen. Toivomukset otetaan huomioon sillä varauksella, että niistä koituvat ylimääräiset kustannukset ovat sallittuja. (Pahl & Beitz 1990, s. 64)

Lyömättä lukkoon mitään tiettyä ratkaisua, vaatimuksiin ja toiveisiin täytyy liittää tiedot määrästä ja laadusta. Vaatimukset täytyy ilmoittaa täsmällisinä lukuarvoina, mutta jos se ei ole mahdollista, voidaan käyttää myös tarkasti muotoiltua sanallista kuvausta. (Pahl & Beitz 1990, s. 64)

## 3.2 Lean -tuotekehitysmalli

### 3.2.1 Yleistä Leanista

Tässä käsiteltävä Lean -tuotekehitysmalli on peräisin Toyotalta. Malli pyrkii huomioimaan asiakkaan tarpeet, tekemään tuotekehitysprojektista toimivan kokonaisuuden ja vakioimaan toiminnallisuuden. Lean -tuotekehitysmalli pohjautuu Toyotan valmistuk-

sen TPS (Toyota Production System) periaatteisiin, jossa oleellista on seitsemän haitan (ylituotanto, odotus, turhat siirrot, turha käsittely, turhat varastot, turha työntekijöiden liikkuminen, ja virheet) minimointi. Ajatusmaailmaa on laajennettu valmistuksesta käsittelemään koko yrityksen toimintaa, jolloin on saatu aikaan viisi yleisempää lean -periaatetta, jotka ovat:

1. Määritä mitkä ominaisuudet lisäävät hyödykkeen arvoa asiakkaan näkökulmasta.
2. Tunnista kaikki suunnittelemisen, tilaamisen ja tuottamisen vaiheet ja kyseenalaista ja poista niistä turhat.
3. Varmista arvoa tuottavien toimintojen virtaaminen keskeytyksettä.
4. Älä tee tuotteita varastoon (pull -ajattelu).
5. Eliminoi tuhlaus. (Lean tuotekehitys)

Lean -ajattelun käyttö tuotekehityksessä on kritisoitu ristiriitaiseksi siksi, että kun tuotannossa pyritään minimoimaan kustannuksia, on tuotekehityksen tavoitteena saada aikaiseksi jotain uutta, eikä luominen yleensä ole optimaalinen prosessi. (Lean tuotekehitys) Toyotalla on kuitenkin tuotekehityksessään käytössä yksityiskohtaisempi 13-kohtainen malli, joka esitellään seuraavassa alaluvussa.

### 3.2.2 Lean -tuotekehitysmallin 13 pääperiaatetta.

Lean -tuotekehitysmalli perustuu 13 pääperiaatteeseen, jotka liittyvät ihmisiin, työkaluihin ja teknologioihin, sekä prosessiin (*Kuva 3.2*). Tuotekehitysmallin periaatteet heijastelevat vahvasti Toyotan yleisiä periaatteita. Prosessiin liittyvät ensimmäiset neljä periaatetta ovat:

1. Määritä arvoa tuottavat elementit asiakkaan kannalta, ja karsi pois turhat toiminnot.
2. Keskitä paljon voimavaroja tuotekehityksen alkuvaiheeseen, jotta löydät vaihtoehtoiset ratkaisut kun muutosten tekeminen on vielä helppoa.
3. Luo sujuvasti etenevä "virtaava" tuotekehitysprosessi.
4. Ota käyttöön tiukat standardit vaihtelun vähentämiseksi, sekä joustavuuden ja ennustettavuuden takaamiseksi.

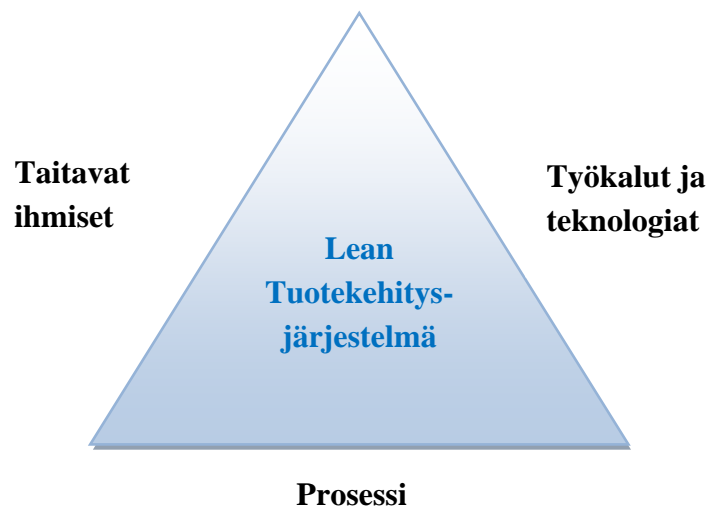
Periaatteet 5-10 liittyvät ihmisiin:

5. Kehitä suunnitteluun järjestelmä, jossa jokaista tuotekehitysprojektia johtaa yksi pääinsinööri, jotta tuotekehityksen kaikki vaiheet voidaan yhdistää toisiinsa.
6. Etsi tasapaino erikoistuneiden toimintojen ja monitoiminnallisuuden välille.
7. Kehitä kaikkien insinöörien teknillinen osaaminen huippuunsa.
8. Yhdistä toimittajat tuotekehitykseen.
9. Panosta jatkuvaan parantamiseen ja oppimiseen.
10. Rakenna kulttuuri, joka tukee parhaita ja jatkuvaa kehittymistä



Viimeiset kolme periaatetta liittyvät työkaluihin ja teknologioihin

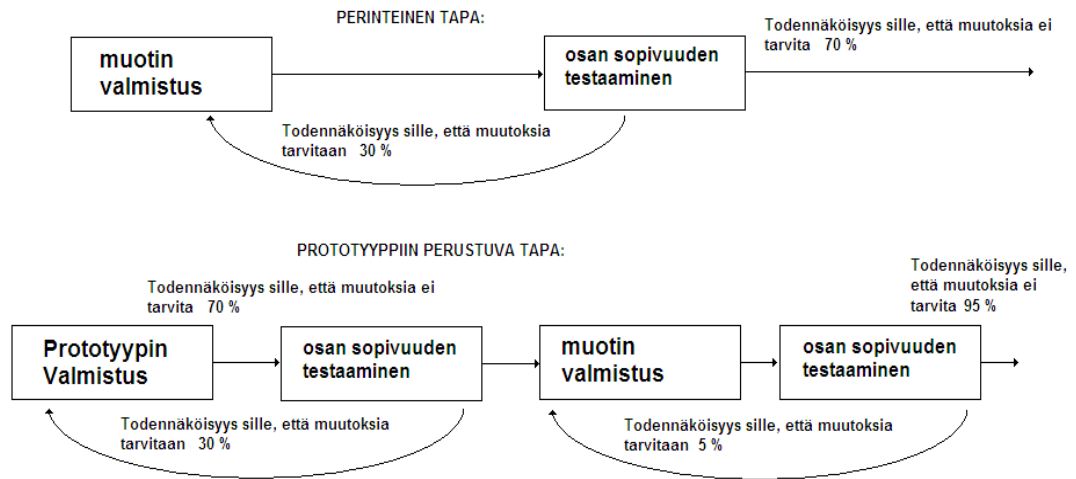
11. Omaksu teknologioita, jotka sopivat yrityksesi työntekijöille ja prosesseille.
12. Suuntaa yrityksesi oikealle tielle yksinkertaisen visuaalisen kommunikoinnin avulla.
13. Käytä tehokkaita työkaluja standardointiin ja organisaatiossa tapahtuvaan oppimisen kehittämiseen. (Morgan & Liker 2006, s. 16)



**Kuva 3.2.** Lean -tuotekehitysmallin kulmakivet (Mukaiillen Morgan & Liker 2006, s. 16).

### 3.2.3 Prototyypit

Eräs Lean -tuotekehityksen keskeisistä ajatuksista on se, että muutokset pitäisi saada aikaiseksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotekehitysprosessia (Kuva 3.3). Eräs tapa vähentää lopussa tapahtuvia muutoksia on rakentaa useita prototyyppejä tuotekehityksen eri vaiheissa (Ulrich & Eppinger 2000, s. 280-283).

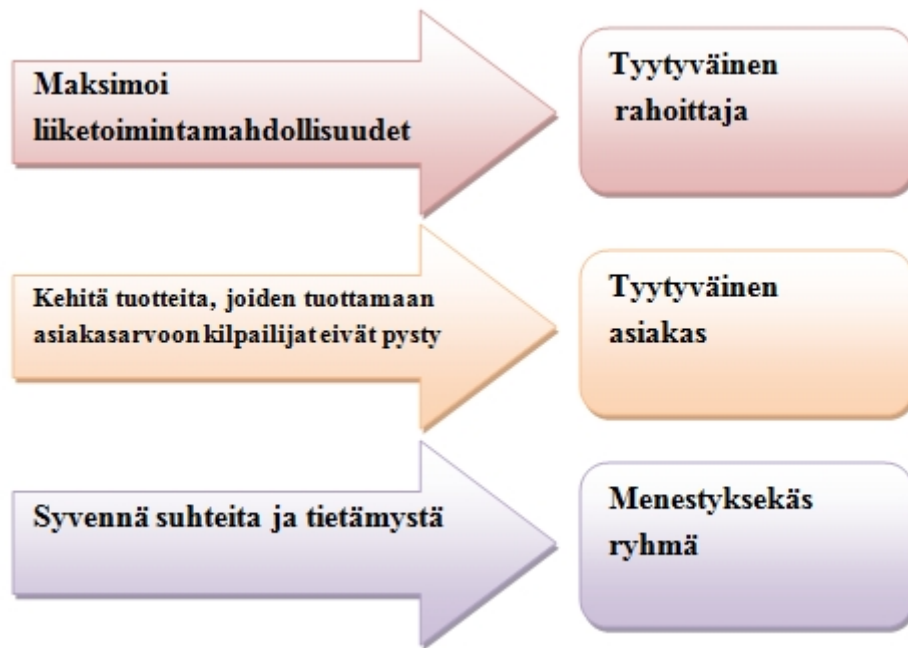


**Kuva 3.3.** Prototyypistä saatava hyöty (Mukaillen Ulrich & Eppinger 2000, s. 282).

Prototyyppejä on kahdenlaisia: analyttisiä ja fyysisiä. Analyttisten prototyyppien etu on siinä, että niitä on huomattavasti helpompi muuttaa kuin fyysisiä prototyyppejä. Fyysisiä prototyyppejä kuitenkin tarvitaan, koska niiden pohjalta voidaan saada selville ilmiöitä, jotka eivät näy tietokonemalleissa. Fyysiset mallit yleensä paljastavat asioita, joita niistä ei edes yritetä tutkia. Esimerkiksi muodon kuvaamiseen tarkoitettu prototyyppi paljastaa samalla jotain siihen käytetyn materiaalin ominaisuuksista. Prototyypin pohjalta voidaan myös saada selville osien välisiä riippuvuuksia, ja siten saadun tiedon pohjalta parantaa tuotteen rakennetta. (Ulrich & Eppinger 2000, s. 280-283)

### 3.3 The Value Model

The Value Model on samannimisessä kirjassa esitetty tuotekehitysmalli, jonka ideana on, että uutta tuotetta kehitettäessä on ajateltava kolmea eri pääryhmää: yrityksen sidosryhmiä (kirjassa tällä tarkoitetaan usein projektin rahoittajia, kuten osakkeenomistajia), asiakkaita ja itse tuotekehitysryhmää (Kuva 3.4). Kaikilla näistä kolmesta ryhmästä on jotain tarpeita, joihin tuotekehitysprojektin tulee vastata. Projektin rahoittajille arvo voi olla rahaa ja asiakkaalle toiminnallisuutta. Projektin osallistuvat työntekijät puolestaan haluavat mielekkään projektin. (Mukaillen Burenus & Lindstedt 2006, s. 13, s. 189 & s. 209)



**Kuva 3.4.** Rahoittaja, asiakkaat ja tuotekehitysryhmä odottavat projektilta eri asioita (Mukaillen Burenius & Lindstedt 2006, s. 127).

### 3.3.1 Asiakasarvo

The Value Model -mallissa asiakasarvo lasketaan yksinkertaisesti jakamalla asiakkaan saama hyöty tuotteesta aiheutuvilla kuluilla. Tämän kaavan pohjalta on johdettu kaksi eri strategiaa asiakasarvon lisäämiseen: asiakkaan saaman hyödyn lisääminen ja asiakkaalle aiheutuvien kustannusten vähentäminen. Pitkällä tähtäimellä yrityksen on hyödynnettävä molempia strategioita. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 13)

Bureniuksen & Lindstedtin mukaan asiakkaita on viittä erityyppiä:

1. Tulevia asiakkaita
2. Ostajia
3. Vastaanottajia
4. Käyttäjiä ja
5. Käytöstäpoistajia

Kaikkiin viiteen eri asiakastyyppiin suhtaudutaan hieman eri tavoilla:

- Tuleville asiakkaille pitää luoda hyvä kuva yrityksestä. Tulevan asiakkaan pitää saada hyvä kuva koko yrityksestä, sen tuotteista ja palveluista. Tämän positiivisen mielikuvan pitäisi olla pitkäaikainen ja luotettava.
- Ostajalle pitää tuoda selkeästi esiin tuotteen arvoa tuovat ominaisuudet. Ostopäätöstä pitäisi pystyä helpottamaan luomalla turvallisuudentunnetta.
- Vastaanottajien tapauksessa on tärkeää, että oikeat tiedot välitetään oikealla tavalla ja oikeaan aikaan.
- Käyttäjille pitää tarjota laatua, sillä käyttäjiä kiinnostaa tuotteen luotettavuus ja varmatoimisuus.
- Käytöstäpoistajan kannalta tärkeitä asioita ovat tuotteen kierrätettävyys, helppo hävitettävyys ja poistamisesta ympäristölle aiheutuvien haittojen vähyys. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 33-34)

Tuotteella voi olla asiakasarvon kannalta neljänlaisia toimintoja:

- Päätoimintoja, jotka tuotteesta on asiakkaan kannalta pakko löytyä. Esimerkiksi auton eräs päätoiminto on kuljettaa ihmisiä.
- Lisätoimintoja, jotka tuottavat asiakkaalle enemmän arvoa, kuin niistä aiheutuva lisäkustannus.
- Tukitoimintoja, jotka ovat tuotteen toiminnan kannalta välttämättömiä, mutta eivät liity suoranaisesti asiakasarvoa tuottaviin elementteihin eivätkä myöskään vähennä asiakasarvoa. Eräs auton tukitoiminnoista on jäähdytin. Tukitoiminnot nostavat tuotteen hintaa ja lisäävät tuotteen monimutkaisuutta.
- Ei haluttuja -toimintoja, jotka vahingoittavat tuotetta, käyttäjää tai ympäristöä. Auton ei haluttu -toiminto on pakokaasu. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 55-56)

Tuotteen asiakasarvoa voidaan nostaa:

- Parantamalla päätoimintojen suorituskykyä, esimerkiksi lisäämällä auton turvallisuutta, tiloja tai mukavuutta.
- Lisäämällä lisätoimintoja tai parantamalla niiden suorituskykyä, esimerkiksi parantamalla ilmastoinnin laatua autossa.
- Poistamalla tukitoimintoja; auto, joka ei tarvitse jäähdytintä on helpompi korjata ja halvempi valmistaa.
- Poistamalla ei haluttuja -toimintoja: pakokaasuton auto on ympäristöystävällisempi ja miellyttävämpi käyttää. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 55-56)

Asiakasarvo muuttuu tuotteen elinkaaren aikana. Arvon muutosta kuvataan S-käyrällä, joka voidaan jakaa neljään selkeästi erilaiseen osaan: lapsuuteen (infancy), kasvuun (growth), aikuisuuteen (maturity), eläköitymiseen (retirement). (Burenius & Lindstedt 2006, s. 86-88)

Lapsuusiässä olevalla tuotteella on vielä paljon "sairauksia", ongelmia, jotka johtuvat tiedon, kokemuksen ja resurssien puutteesta. Tässä vaiheessa tuotteen päätoiminnoista pitäisi saada varmoja ja kestäviä, sillä päätoiminnot ovat käyttäjän kannalta tärkeimpiä. Tuote pitäisi saada jaettua luonnollisiin alajärjestelmiin ja sille pitäisi määrittää selkeät rajapinnat, jotta jatkokehittäminen olisi yksinkertaista ja helppoa. Kasvuikä on mahdollista vasta, kun lapsuusiän ongelmat on korjattu. Kasvuikässä kannattaa keskittyä tuotteen lisäominaisuuksien kehittämiseen ja ei-haluttujen ominaisuuksien eliminoimiseen. Tässä vaiheessa markkinointi-, jakelu- ja tuotantoprosessit pitäisi hioa sellaisiksi, että ne mahdollistavat volyymin kasvun. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 86-88)

Aikuisiässä oleva tuote on petollinen: on helppo tuudittautua tasaisen myynnin jatkuvuuteen. Aikuisiässä tuote toimii hyvin, mutta sen asiakasarvo on vakiintunut; tuotteeseen ei voida lisätä halvalla lisärvoa tuottavia toimintoja. Tässä vaiheessa pitäisi keskittyä johonkin täysin uudenlaiseen ratkaisuun. Aikuisiässä olevan tuotteen nykyisille ominaisuuksille ja mahdollisille tuleville lisäominaisuuksille pitäisi keksiä kokonaan uusia toteutustapoja. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 86-88)

Eläköitymisiässä olevaan tuotteeseen voidaan suhtautua kahdella eri tavalla: tuote voidaan yrittää korvata kokonaan uudella, tai antaa tuotteen kadota pikkuhiljaa markkinoilta. Eläköitymisiässä olevaan tuotteeseen käytetyt resurssit pitäisi pyrkiä suuntaamaan mahdollisimman nopeasti jonnekin muualle. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 86-88)

Tuotteen sijainti S-käyrällä voidaan päätellä siihen liittyvien patenttien ja alalla olevien kilpailijoiden määrästä, sekä muutoksista tuotteen tuottavuudessa. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 86-88)

### 3.3.2 The Value Model -viitekehys

The Value Model-viitekehys perustuu viiteen eri näkökulmaan, jotka ovat:

- Projekti
- Ohjaus ja päätöstenteko
- Arvon luominen
- Prosessit ja työkalut
- Ympäristö ja politiikka (Burenius & Lindstedt 2006, s. 119-120)

Value Modelin mukaan jokainen tuotekehitysprojekti tähtää kolmen aiemmin esitellyn pääryhmän tarpeiden tyydyttämiseen. Tuotekehitysprojektin pääprosessi on asiakasarvon luominen. Tukevin prosesseina toimivat ryhmänjohtamisprosessi (team management process) ja projektinjohtamisprosessi (project management process). Ryhmänjohtamisprosessin tavoitteena on tyydyttää ryhmän tarpeita ja projektinjohtamisprosessi tähtää rahoittajien ja omistajien tarpeiden tyydyttämiseen. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 119-120)

Jokainen kolmesta prosessista etenee kolmivaiheisesti. Kirjassa vaiheet on nimetty liikennevalojen mukaan. Ensimmäisessä, eli "punaisessa" vaiheessa mietitään "Mihin ollaan menossa?" Tässä vaiheessa määritellään tuote, ryhmä ja projekti. Toisessa vaiheessa (keltainen) mietitään "Kuinka sinne päästään?" Tässä vaiheessa mietitään tuotteen suunnitteluun, työnjakoon ja projektin organisointiin liittyvät strategiat. Kolmannessa vaiheessa (vihreä) projekti toteutetaan. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 119-120)

Tuotekehitysprojekti on saavuttanut tavoitteensa kun:

- Asiakkaat ovat tyytyväisiä, koska tuote täyttää (tai ylittää) heidän odotuksensa.
- Ryhmän jäsenet tuntevat olonsa tyytyväiseksi, koska projekti on tuottanut heille tyydytystä ja kehittänyt heidän taitojaan.
- Rahoittajat ja omistajat ovat tyytyväisiä, koska projekti on tuottanut hyviä liiketoimintamahdollisuuksia ilman suuria riskejä. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 119-120)

Asiakasarvon luominen 8-portaisella menetelmällä

1. Selvitä asiakastarpeet.
2. Listaa tunnetut ratkaisut.
3. Muodosta päätoiminnot, lisätoiminnot ja ei-halutut toiminnot.
4. Kehitä monta vaihtoehtoista ratkaisumallia.
5. Valitse eniten asiakasarvoa tuottavat ja parhaimman onnistumismahdollisuuden omaavat ratkaisut.
6. Aseta tavoitearvot toiminnoille ja kustannuksille.
7. Luo tuotteelle arkkitehtuuri ja yksityiskohtainen suunnitelma toteutuksesta.
8. Suunnittele prosessit. (Burenius & Lindstedt 2006)

Tavoitteena on saada aikaan ratkaisu, joka tuottaa asiakkaalle enemmän arvoa kuin kilpailijoiden vastaavat tuotteet.

## **Projektinjohtaminen**

The Value Modelissa projektinjohtamisen päämääränä on maksimoida liiketoimintamahdollisuudet koko tuotteen elinkaaren aikana. Tarkoituksena on myös varmistaa, että työ suoritetaan resurssienkäytön kannalta järkevästi. Tavoitteena on pitää rahoittajat tyytyväisinä. Projektinjohtamisessa on The Value Modelin mukaan kyse pitkälti Deming Cyclen (Plan, Do, Act, Check) -mukaisesta toiminnasta. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 179 & 182) Huonon projektinjohtamisen seurauksena tuotekehitysprojektissa joudutaan käyttämään loppuvaiheessa paljon aikaa muutoksiin ja korjauksiin, kun taas hyvän johtamisen seurauksena suurin osa muutoksista tehdään alkuvaiheessa, jolloin liikutaan vielä ideointitasolla (Burenius & Lindstedt 2006, s 239). Loppuvaiheen muutokset kohdistuvat yleensä konkreettisiin tuotteisiin tai prosesseihin, ja ovat siten varsin kalliita.

## **Ryhmänjohtaminen**

Ryhmänjohtamisen tavoitteena on vahvistaa projektiin osallistuvien henkilöiden tietoutta ja parantaa ihmisten välisiä suhteita. Ryhmänjohtaminen on luonteeltaan luonnollista ja sen päätavoitteena on luoda ympäristö, joka tukee ryhmäkulttuurien kehittymistä. (Burenius & Lindstedt 2006, s 189) Ryhmänjohtaminen alkaa kun ryhmän jäsenet on päätetty ja vapautettu projektin käyttöön muista tehtävistä. Ryhmänjohtaminen loppuu kun projekti saadaan päätökseen. (Burenius & Lindstedt 2006, s 198)

Ryhmäjohtaminen koostuu yhdeksästä eri teemasta, joita ovat:

1. Ryhmäpohjaisen johtamisen aloittaminen
  2. Tasapainoisen ryhmän luominen
  3. Täydellisten työolosuhteiden luominen
  4. Luovuutta lisäävän ryhmähengen kasvattaminen
  5. Resurssien ja sitoumuksien turvaaminen
  6. Järjestyksen ylläpitäminen
  7. Projektin etenemisen ("tahdin" tai "sykkeen") ylläpitäminen
  8. Avoimuuteen ja vuorovaikutukseen kannustaminen
  9. Saavutusten juhliminen ja asioiden sulattamiseen tarvittavan ajan antaminen.
- (Burenius & Lindstedt 2006, s 363)

## Projektisuunnitelmat

Lindstedtin ja Bureniuksen (2006) mukaan projektisuunnitelma koostuu kokonais suunnitelmasta ja yksityiskohtaisesta suunnitelmasta. Kokonaissuunnitelma koostuu:

- Päämääristä (milestones), jotka osoittavat tärkeimmät tapahtumat.
- Arviosta kokonaiskuluista ja kokonaisajankäytöstä.
- Vaihejaosta, jossa projekti on jaettu loogisiin vaiheisiin, joilla on teema.
- Diagrammeista, Gantt -kaavioista ja resurssihistogrammeista, joilla kuvataan eri asioiden välisiä suhteita ja sidoksia

Kokonaissuunnitelma toimii yleissilmäyksenä projektiin. Yksityiskohtainen suunnitelma koostuu pääasiassa samoista vaiheista, mutta tarkemmin. Lisäksi yksityiskohtaisessa suunnitelmassa kerrotaan:

- Vastuut
- Resurssitarpeet eri osa-alueille (Burenius & Lindstedt 2006, s. 307-308)

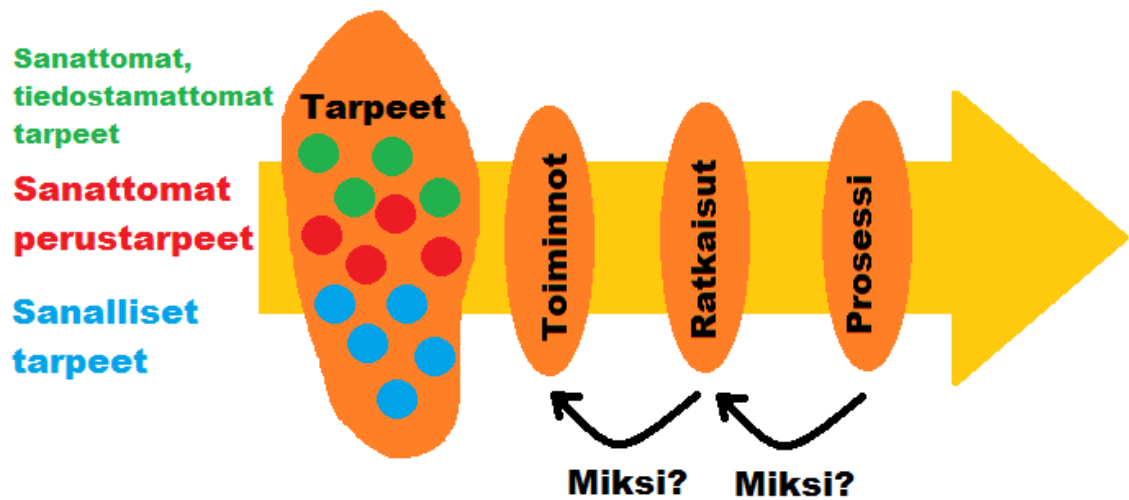
Realistinen arvio ajankäytöstä saadaan kaavalla (Optimistinen arvio + 2\* pessimistinen arvio + 3\* todennäköinen arvio / 6). (Burenius & Lindstedt 2006, s. 317)

## Asiakkaan ääni

Hyvä asiakassegmentti on tarkasti luokiteltavissa, omaa rahaa tuotteen ostamiseen, mutta on myös tavoitettavissa siten, että tuote ja siihen liittyvät palvelut saadaan välitettyä sille. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 497)

Kun asiakkaalta kysellään asioita, on tärkeää kuunnella ja tehdä paljon muistiinpanoja. Asiakasta ei saa johdatella, vaan jos asiakas haluaa harhautua aiheesta (kuitenkin antaen samalla hyödyllistä tietoa) on se hyvä sallia. Tärkeää on kuitenkin selvittää syyt. "Miksi?" onkin asiakkaita tutkivan henkilön tärkein kysymys. Yleensä ottaen kyselyitä ei kannata rajata kovin tarkasti, vaan on parempi kysellä asioita, joihin ei ole olemassa yhtä oikeaa vastausta. Asiakkaan tarpeet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Sanattomiin ja tiedostamattomiin tarpeisiin, sanattomiin perustarpeisiin sekä sanallisiin tarpeisiin (*Kuva 3.5*). Sanattomilla ja tiedostamattomilla tarpeilla tarkoitetaan tarpeita, joita asiakas ei tiedosta. Sanattomat perustarpeet tarkoittavat tarpeita, joita asiakas pitää itsestäänselvyyksinä. Sanalliset tarpeet tarkoittavat tarpeita, jotka asiakas on sisällyttänyt tuotemäärittelyyn, tai ne saadaan selville haastattelemalla asiakasta. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 505)





**Kuva 3.5.** Asiakkaan äänen selvittäminen (Mukaillen Burenius & Lindstedt 2006, s. 505).

Asiakkaan tarpeet muuttuvat usein ajan kuluessa. Tarpeet, jotka ovat aluksi olleet tiedostamattomia, voivat muuttua ensin sanallisiksi tarpeiksi ja vielä myöhemmin sanattomiksi perustarpeiksi. (Burenius & Lindstedt 2006, s. 505)

## 4 OPETTAMISEN TEORIAA

### 4.1 Opetuksen suunnittelu

Engeströmin (1982, s. 144-146) mukaan jotkut opettajat eivät suunnittele opetustaan lainkaan, he vain esittävät tietonsa asiasta ja jättävät lopun improvisaation varaan. Improvisointia pidetäänkin usein hyvän opettajan tunnusmerkkinä. Sanotaan, ettei opetusta voi eikä saa suunnitella liian tarkasti ennalta. Ajatellaan, että liiallinen ennakkosuunnittelu tekee opetuksesta kaavamaista ja hengetöntä. Tällainen käsitys perustuu ennakkoluuloihin. Asia on oikeasti päinvastoin. Improvisointi on vaikeaa, ellei ole huolellisesti laadittua suunnitelmaa. Jos ennakkosuunnittelu puuttuu, niin opetus luultavasti kangistuu kaavoihin: opettaja alkaa toistaa itseään, kertoa samoja vanhoja kaskuja, käyttää samoja piirtoheitinkalvoja yhä uudelleen ajattelematta, miten ne mihinkin yhteyteen sopivat. (Engeströmin 1982, s. 146)

Opetuksen suunnittelun kulmakiviä ovat oppimistavoitteiden määrittely ja opetettavan aineksen ja sisällön valitseminen. Nämä seikat johtavat myös oppimisen arvioinnin keinojen valitsemiseen. Jo opetuksen suunnitteluvaiheessa opettaja joutuu miettimään, millä kriteereillä ja menetelmillä hän haluaa arvioida opiskelijoiden osaamista. Oppimistavoitteiden saavuttamiseksi opettajan on myös mietittävä opetusmenetelmiä, eli millä keinoilla ja menetelmillä hän aikoo saada oppilaat oppimaan. Opetusmenetelmien valinnasta käytetään myös termiä didaktinen suunnittelu. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 237)

Opetus on opettajan ja opiskelijan välistä vuorovaikutusta, jonka tavoitteena on laadukas oppiminen. Opetuksen vuorovaikutusprosessi voidaan jakaa kolmeen osaan: preinteraktiiviseen, interaktiiviseen ja postinteraktiiviseen. Preinteraktiivisessa vaiheessa opettaja ja opiskelija ovat tekemisissä jo ennen opetusta tai kurssin alkua suunnittellessaan ja rakentaessaan opetusta. Tällöin kyseessä on kuitenkin epäsuora vuorovaikutus, sillä opettaja ja opiskelijat eivät ole vielä kohdanneet, vaan opettajalla on opiskelijoista ennakkotiedoista rakentunut mielikuva. Interaktiivisessa vaiheessa opettajan ja opiskelijoiden vuorovaikutus on läheistä ja tiivistä. Opiskelijat voivat kesken opetuksen kysyä opettajalta ja opettaja puolestaan voi tiedustella opiskelijoilta ymmärsivätkö he asian. Postinteraktiivisessa vaiheessa opettaja arvioi ja tarkastelee opetuksen kulkua jälkikäteen. Nämä kolme opetuksen vaihetta ovat erotettavissa sekä yksittäisen oppitunnin tasolla että myös laajemmalla, koko kurssin tasolla. Opetuksen vaiheet seuraavat katkeamattomasti toisiaan ja näin opetuksen suunnittelusta, toteutuksesta ja arvioinnista muodostuu jatkuva prosessi. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 237-238)

### 4.1.1 Linjakas opetus

Linjakas opetus (engl. constructive alignment) on yliopistopedagogiikan malli, joka auttaa opettajaa suunnittelemaan opetustaan. Linjakkaalla opetuksella tarkoitetaan sitä, että kaikki opetuksen ja oppimisympäristön osatekijät tukevat toisiaan ja ovat linjassa keskenään. John Biggsin (1996, ref. Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 239) mukaan opetuksen suunnittelussa on neljä tärkeää osatekijää:

1. Oppimistavoitteiden täsmällinen määrittely: opettajan tulee täsmällisesti määrittellä, mitä haluaa opiskelijoidensa oppivan ja minkälaisia tavoitteita opetukselleen asettaa. Oppimistavoitteiden tulee olla selkeät ja konkreettiset. Oppimistavoitteista kerrotaan lisää *Luvussa 4.1.2*.
2. Opetettavan aineksen ja sisällön valinta: on tärkeää selvittää itselleen, mitkä asiat kurssilla ovat tärkeitä ja mitkä vähemmän tärkeitä. Opettajan on päätettävä, mitkä asiat opiskelijoiden tulee ehdottomasti oppia ja mitkä asiat ovat ylimääräistä. Tässä kohdassa voi käyttää apuvälineenä ydinainesanalyysia, josta kerrotaan lisää *Luvussa 4.1.3*.
3. Oppimisen arviointikeinojen valinta: oppimistavoitteiden laatimisen ja opetetavan sisällön valinnan jälkeen opettajan tulee miettiä, millä tavoin hän voi tukea opiskelijoiden laadukasta oppimista. Arviointimenetelmien tulee olla linjassa oppimistavoitteiden kanssa.
4. Opetusmenetelmän valinta: opettajan on mietittävä menetelmiä, joilla hän voi mahdollistaa opiskelijoidensa oppimisen. Lisäksi on pohdittava, miten opetusmenetelmät ovat linjassa oppimistavoitteiden, sisällön ja arviointimenetelmien kanssa.

Opetusta suunniteltaessa näiden neljän vaiheen tulee siis olla samassa linjassa keskenään. Vaiheiden tulee tukea toisiaan ja vaikuttaa samansuuntaisesti. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 239-240)

### 4.1.2 Oppimistavoitteet

Linjakkaan opetuksen lähtökohtana ovat selkeät oppimistavoitteet, jotka määritellään tarkasti etukäteen. Oppilaiden tulee siis ymmärtää opetetut asiat halutulla tasolla. Yksinkertaisimmillaan ymmärtäminen on pinnallista, mutta etenee syvemmille tasoille ymmärryksen lisääntyessä. John Biggs (1996, ref. Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 242) jakaa ymmärtämisen viiteen eri tasoon alkaen pinnallisimmasta. Tällä alimmalla tasolla opiskelija pystyy toistamaan opiskellun aineiston sisällön ilman selkeää käsitteellistä hahmotusta. Ylimmällä tasolla opiskelija pystyy muodostamaan oman käsitejärjestelmän laajan lukeneisuuden, oman ajattelun ja pohdinnan kautta. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s.242-243) Oppimistavoitteiden luokituksessa voidaan käyttää myös Bloomin taksonomiaa, josta kerrottiin *Luvussa 2.2.3*.

### 4.1.3 Opetuksen sisältö ja Ydinainesanalyysi

Opettajat sisällyttävät usein mieluummin liikaa kuin liian vähän asioita opetukseensa, varsinkin jos opettaja itse hallitsee opettamansa asiat hyvin. Opiskelijat eivät kuitenkaan pysty omaksumaan kerralla paljoakaan uusia asioita. Niinpä opettamisessa kannattaakin keskittyä syvällisesti vain muutama asiaan, sen sijaan että montaa asiaa käsiteltäisiin pintapuolisesti. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 244)

Nykyään moni korkeakoulu- ja yliopisto-opiskelija suorittaa kuormittuneen tutkinnon. Tällöin opiskelija ei pysty omaksumaan kaikkea opetettua tietoa ja asioita opiskeluaikanaan. Tutkinnosta ei siis ole osattu rajata pois epäoleellisia ja tarpeettomia yksityiskohtia. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 241; Karjalainen & Jaakkola 1999)

Ydinainesanalyysin tarkoituksena on opetettavan aineen sisäisen rakenteen tutkiminen. Se onkin kehitetty työvälineeksi erityisesti korkeakoulututkinnon suunnitteluun ja kehittämiseen. Ydinainesanalyysin tekeminen auttaa opettajaa hahmottamaan opettamansa aiheen tietojen ja taitojen väliset hierarkiset yhteydet ja suhteuttamaan nämä opiskelijan oppimisaikaan, tutkintovaatimukseen ja opetussuunnitelmaan. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 241; Karjalainen & Jaakkola 1999)

Käytännössä analyysi tapahtuu siten, että opettaja luokittelee opettamansa aiheen asiat haluamiinsa luokkiin, joita on oppiaineesta ja aiheesta riippuen yleensä 2-4. Tiedot ja taidot asetetaan eri luokkiin niiden tärkeyden mukaan. Luokitteluperusteena voidaan käyttää esimerkiksi tieteellistä asiantuntijuutta, ammatillisia taitoja ja tiedon käyttöarvoa muissa koulutusohjelman kursseissa. Tiedon hierarkista asemaa suhteessa muihin tietoihin saadaan näin selkiytettyä. Hyvin toimivaksi analyysivälineeksi on havaittu 3-luokitus, jossa tieto jaetaan ydinaineeseen, täydentävään tietouteen ja erityistietämykseen. Ydinaines kattaa ne keskeiset tiedot ja taidot, jotka on välttämätöntä hallita voidakseen omaksua uutta tietoa. Hallitseminen tarkoittaa ymmärtävää oppimista ja pysyviä oppimistuloksia. Ydinaines sisältää teorioita, malleja ja periaatteita; yksittäisiä faktoja on harvemmin mukana. Ydinaineen käsittelemiseen ja omaksumiseen pitäisi käyttää suurin osa kurssin työajasta. Täydentävä tietämys kattaa teorioiden, mallien ja periaatteiden yksityiskohtia ja laajennuksia, jotka voivat olla toisinaan tarpeellisia, mutta joita ei aika- eikä oppimisresurssien rajallisuuden vuoksi opeteta eikä painoteta ydinaineen ymmärtävän oppimisen kustannuksella. Erityistietämys on tietoa, joka toimii ydinaineen ja täydentävän tietämyksen yksityiskohtina. Sillä on tuskin koskaan käyttöarvoa perusasioiden omaksumisen kannalta, joten se on oppijan oman mieltymyksen varassa. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 241; Karjalainen & Jaakkola 1999)

Tehtyään ydinainesanalyysin pystyy opettaja hahmottamaan kurssin työmäärän oikein suhteessa kurssille varattuun aikaan. Analyysin avulla opettaja myös pystyy arvioimaan kurssin aihepiiriin kuuluvaa uutta tietoa ja sen tärkeyttä. Kun nähdään tärkeäksi liittävää uutta tietoa kurssiin, opettaja voi tehdyn analyysin perusteella arvioida mahdollista työmäärän kasvua (sekä oman että opiskelijan) ja reagoida siihen muuttamalla täydentävän ja erityistietämyksen määrää. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 241; Karjalainen & Jaakkola 1999)

#### 4.1.4 Opintojakson mitoitus

1960-luvulle asti yliopistojemme oppikurssien ja arvosanakokonaisuuksien mitoitus perustui oppiaineesta vastaava professorin kokemukseen ja näkemykseen. Mitoituksessa ei käytetty perusteena opiskelijan ajankäyttöä tai työmäärää, vaan se syntyi vastuuopettajan määräämien opetustuntien, kirjalistojen ja kurssivaatimusten oheistuotteena. Tämä johtui siitä, että klassisen yliopistokäsityksen aikakautena opiskeluun käytetty aika ymmärrettiin rajattomaksi resurssiksi. (Karjalainen et al. 2003, s. 23).

Sotien jälkeisessä Suomessa eliittiyliopiston aika oli ohi ja opiskelijamäärät kasvoivat rajusti jonka vuoksi opetustehtävä vaikeutui. 1966 valtioneuvosto toivoi yliopistojärjestelmän tutkintovaatimusten tarkastamista, jotta tutkintoja varten tarpeellinen opintoaika lyhenisi ja keskeyttäneiden määrät vähenisi. Yksi suositelluista keinoista oli suorituspistemäärän käyttöönotto. (Karjalainen et al. 2003, s. 23-24).

Suomessa oltiin ottamassa käyttöön 1960-luvun lopulla amerikkalainen suorituspistejärjestelmä, joka liittyi löyhästi kurssin vaadittavaan työpanokseen. Tätä järjestelmää ei kuitenkaan ehditty viedä käytäntöön, kun tutkinnonuudistuskomitean työn tuloksena yliopistoissamme ryhdyttiin soveltamaan tuolloin modernia opintoviikkojärjestelmää 1970-luvun puolivälistä lähtien. Opintoviikolla tarkoitettiin opiskelijan keskimääräistä 40 tunnin työmäärää. (Karjalainen et al. 2003, s. 24-25).

Opintoviikko on ajallisesti yhteensopiva kalenteriviikon kanssa, joka muodostuu viidestä kahdeksan tunnin työpäivästä. Tämä ei suinkaan tarkoittanut sitä, että yhden kalenteriviikon aikana voitaisiin todella suorittaa tiettyä kurssia yhden opintoviikon verran. Uudistuksen myötä oli kuitenkin ensimmäisen kerran mahdollista mitoittaa opintojakso laskennallisesti. Opintoviikon pohjalta tehtävän opintojaksomitoituksen vuoksi taidokkaammat opiskelijat pystyivät suorittamaan kurssin lyhyemmässä ajassa kuin hieman heikommat opiskelijat. (Karjalainen et al. 2003, s. 25).

Opintoviikko oli ideana hyvä ja erittäin edistyksellinen. Sen käyttöönotossa kuitenkin tehtiin kaksi virhettä, joiden seurauksena opintojen mitoitusjärjestelmä muuttui jälleen enemmän intuitiiviseksi kuin laskentaa soveltavaksi. Ensimmäinen virheistä oli se, että opintoviikon ainoa sitova määritelmä oli, että se vastasi keskimääräisen opiskelijan 40 tunnin työpanosta. Jokaisen yliopiston jokainen oppiaine pystyi siis itse laatimaan laskentamallin, jolla opinnot opintoviikotettiin. Tämän seurauksena eri yliopistojen, tiedekuntien ja oppiaineiden mitoitusperiaatteet kehittyivät omiin suuntiinsa. Opintoviikotus ei myöskään vaikuttanut todellisiin opiskeluaikoihin siten, kuin sen olisi laskennallisesti pitänyt vaikuttaa, lukuun ottamatta kasvatustieteellistä tiedekuntaa. (Karjalainen et al. 2003, s. 25-26).

Alkuperäisen suunnitelman mukaan perustutkinto olisi tullut voida suorittaa neljässä vuodessa ( $4 \times 40 \text{ ov} = 160 \text{ ov}$ ), jonka toteutuminen olisi vaatinut oikeaa yhtenäistä mitoittamista. Toinen ratkaiseva virhe tapahtui tämän tavoitteen yhteydessä. Kun havaittiin, että neljän vuoden tavoite ei käytännössä toiminut, pidennettiin koulutusalaakohtaisesti tavoiteltua valmistumisaikaa vuodella pitäen kuitenkin tutkinnon kokonaisopintopistemäärä entisellään. 1990-luvulla toteutetussa tutkinnonuudistuksessa alempi korkeakou-

lututkinto tuotiin lähes kaikille aloille, ja se määriteltiin tapahtuvan kolmessa vuodessa ja 120 opintoviikon laajuisena. Tällöin kahdelle viimeiselle opiskeluvuodelle jäi suoritettavaksi 20 opintoviikkoa 40 opintoviikon sijaan. Todellinen työmäärä ei kuitenkaan puolittunut, vaan opintoviikko menetti yhtenäisen tulkinnan opintovuosien tasolla. Opintoviikon käsitteeseen rakentui looginen ristiriitaisuus. (Karjalainen et al. 2003, s. 26-27).

Opintoviikolle on syntynyt paljon muita merkityksiä kuin opintojen mittaaminen. Sitä on tulkittu vähintäänkin yhtä paljon palkintona, valuuttana ja sosiaalisen arvon ja arvovallan mittana kuin opintojen mitoittamisen työkaluna. Valtakunnalliset valmistamisajat 2000-luvun alussa olivat 6,5 vuotta, vaihtelun ollessa koulutusaloittain 4,0-10,5 vuotta. Tämä kertoo siitä, että opintojen mitoitus ei toiminut, eikä noudattanut opintoviikon yhtenäistä määritelmää. (Karjalainen et al. 2003, s. 27-28).

Oulun Yliopistossa yhdisteltiin vuonna 1999 eri tiedekuntien omia mitoitusperusteita. Tämän pohjalta laadittiin koko yliopistossa käytettävä yhtenäinen opintoviikkomitoituksen malliohje (*Kuva 4.1*). Oulun Yliopiston lisäksi mallia kokeiltiin lukuisissa muissa maamme yliopistoissa. Kokemukset olivat erittäin positiivisia. Mallin avulla kyettiin korjaamaan kaikkien tieteenalojen opetuksen ylikuormitusta, ja se tarjosi yhtenäisen mittapuun erilaisten opintokokonaisuuksien yhteismitallistamiseen. Malli osoitti antavan riittävän realistisen kuvan opiskeluun tarvittavasta ajasta. Oikeasta elämästä mallille saatiin tukea kun havaittiin, että laskennallisesti ylikuormittaviksi havaitut kurssit olivat sitä myös opiskelijoiden mielestä. (Karjalainen et al. 2003, s. 28-29).

Mallissa jätetään huomioimatta tieteenalakohtaiset erityispiirteet ja kurssien muuttuvat, yksilölliset tekijät. Tästä syystä mallia on myös kritisoitu. Opiskelijoiden yksilöllisiä tekijöitä laskennallisessa mallissa ei voi ottaa huomioon, vaan laskenta on tehtävä keskimääräisen opiskelijan oletettujen oppimisedellytysten pohjalta. Tieteenalakohtaiset erityispiirteet on ajateltu sovellettavan jokaiselle oppiaineelle erikseen laatimalla sovellys, jossa erityisten opetusmenetelmien ja työskentelyn erityisvaatimusten ajankäyttö pystytään selvästi määrittelemään. (Karjalainen et al. 2003, s. 29-30).

Opintojaksojen ja kurssimateriaalien vaikeustaso, opintojen syvällisyys, alan luonne ja esimerkiksi erityiset suoritusmuodot on tässä mallissa myös ajateltu olevan laitoksen tai oppialan tuomaa hienosäätöä. Tämä ei kuitenkaan saisi olla niin suurta, että se rikkoisi mallin yhtenäisyyden (Karjalainen et al. 2003, s. 30).

Opintoviikon vaatima opiskelutyön on määritelty 40 tunniksi. Opintoviikkomitoituksen malliohjeen (*Kuva 4.1*) mukaan yksi noin 200-250-sivuinen suomenkielinen ja 125-150 sivuinen vieraskielinen tenttikirja vasta yhtä opintoviikkoa. Tenttiin valmistautumiselle varattavaksi ajaksi suositellaan 8 tuntia yhtä opintoviikkoa kohden. Jos opiskelijalla teetetään kirjallisia töitä (esseitä, raportteja, referaatteja, oppimispäiväkirjoja), yhden opintoviikon lasketaan vastaavan noin 8-12 sivun kirjallista työtä. Kontaktiopeustuntien tietojen syventämistä varten tulisi varata aikaa omaehtoiseen työskentelyyn 1-2 tuntia jokaista opetustuntia kohden (Lindblom-Yläne & Nevgi 2004, s. 245-246).

1. Kirjallisuuteen perehtyminen	- suomenkielinen teos 200-250s = 1ov - vieraskielinen teos 125-150s = 1ov  Jos kirjallisuus on oheismateriaalia, jota ei tentitä niin siihen perehtyminen voidaan katsoa sisältyväksi kohtaan 4.
2. Tenttiin valmistautuminen	- 8t / ov  Jokaista opintoviikkoa kohden tulee varata yksi päivä tenttiin valmistautumisaikaa. Tämä varaus on tehtävä riippumatta siitä, millainen tenttimalli on käytössä.
3. Kirjallisten töiden (työselosteet, tutkielmat, portfoliot, oppimispäiväkirjat...) tekemiseen	- 8-12 sivua = 1ov  Kirjallisten töiden tekemiseen varattu aika riippuu myös siitä, miten vaativa tuotos on kyseessä. Jos kirjallinen tuotos on virallisesti sovittu epäitsenäiseksi ja pääosin kopiaimalla tehtäväksi, niin sille varattu aika voi olla suositusta vähäisempi.
4. Kontaktiopetuksessa opiskeltujen asioiden syventämiseen ja omaksumiseen tehtävään omaehtoiseen työhön	Jokaista kontaktiopetusta kohden tulee varata 1-2 tuntia aikaa omaehtoiseen työhön, joka sisältää sekä opetukseen valmistautumista että opitun syventämistä ja harjoittelua.

**Kuva 4.1.** Opintoviikon mitoittaminen (Mukaillen Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 29).

Tampereen Teknillisessä Yliopistossa on käytössä opetussuunitelma -työkalu (OP-SU), joka sisältää opintojaksojen mitoituslaskurin. Laskurilla opettajien on mahdollista mitoittaa opintojaksonsa ydinaineksen, opetusmuotojen ja oppimateriaalin käyttötarkoituksen pohjalta. Mitoituslaskuri tuottaa ydinainesanalyysin pohjalta arvion opintojakson laajuudesta, joka pohjautuu ECTS -pisteytykseen. Laskurin mitoitusperiaatteet ovat peräisin Oulun Yliopiston kehittämissyksikön julkaisusta "Anna aikaa ajatella - Suomalaisen yliopisto-opintojen mitoitusjärjestelmä" sekä TTY:n omien opettajien henkilökohdaksiin kokemuksiin opintojen mitoittamisesta. (Virtuaaliyliopisto 2004)

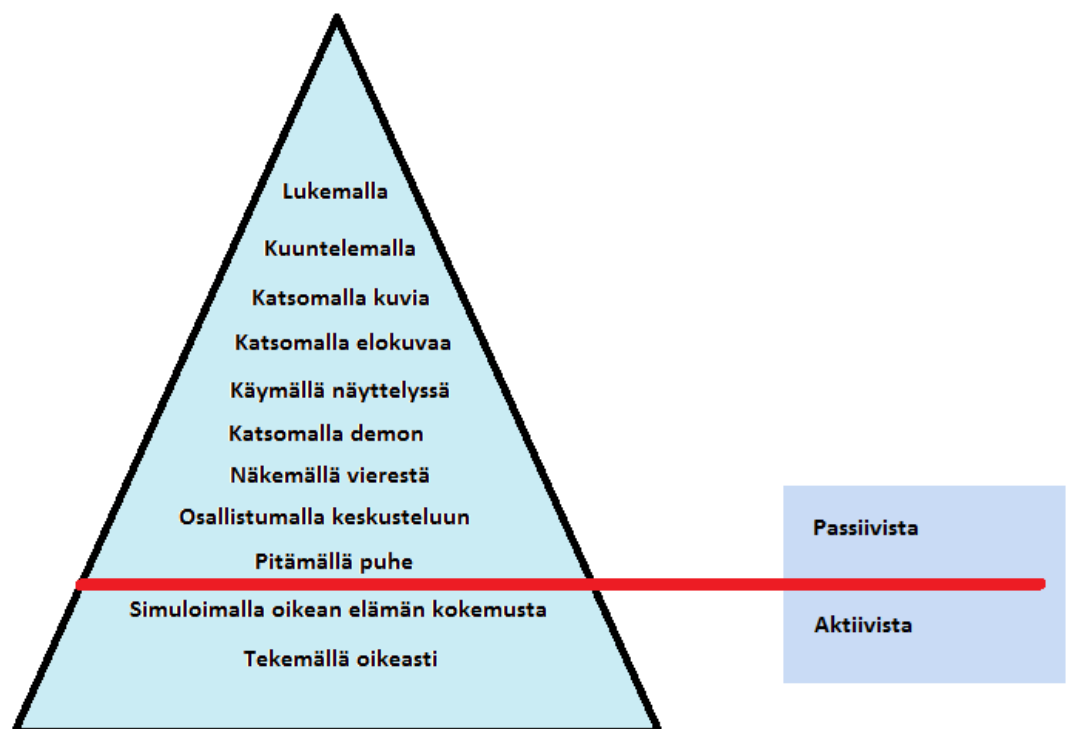
## 4.2 Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen

Opettaminen on perinteisesti perustunut tiedon suoraan siirtämiseen opettajalta opiskelijoille. Tällainen koulutuksen tarjoama varasto irrallista tietoa ei enää takaa opiskelijoille riittäviä työelämävalmiuksia. Työelämän toimintaympäristö muuttuu nopeaan tahtiin, jonka takia koulussa opittu tieto vanhenee nopeasti. Tämä asettaakin haasteita insinööriskoulutukselle. Ratkaisuna haasteeseen ovat erilaiset aktiiviset ja kokemusperäiset oppimis- ja opetustavat, kuten ongelmalähtöinen oppiminen, projektioppiminen, tutkiva oppiminen, sulautuva opetus sekä näiden erilaiset yhdistelmät. (Levonen et al. 2009)

Aktiivinen oppiminen on opettamista ja oppimista, jotka pohjautuvat kokemuksen kautta oppimisen menetelmiin. Aktiivisen oppimisen menetelmät innostavat opiskelijoita paneutumaan heti pohdintaan ja ongelmanratkaisuun. Aktiivisessa oppimisessa opiskelijoita kannustetaan käsittelemään, soveltamaan, analysoimaan ja arvioimaan ideoita. Passiivista tiedonvälitystä painotetaan vähemmän. Kannustamalla opiskelijoita ajatte-

lemaan konsepteja, erityisesti uusia ideoita, he eivät pelkästään opi enemmän, vaan myös tunnistavat mitä ja miten he oppivat. Tämä prosessi auttaa lisäämään opiskelijoiden motivaatiota osaamistavoitteiden saavuttamiseksi ja muodostamaan tapoja elinikäiselle oppimiselle. Aktiivista oppiminen muuttuu kokemuseräiseksi silloin, kun opiskelijat toimivat kuten ammattimaisessa insinöörityössä, esimerkiksi suunnittele - toteuta projekteissa, simulaatioissa ja case -opinnoissa. (Crawley et al. 2007, s. 140-141) Seuraavissa luvuissa esitellään erilaisia oppimismalleja, joita voidaan pitää aktiivisina ja kokemuseräisinä.

*Kuva 4.2* esittää, kuinka hyvin ihminen oppii milläkin tavalla. Pyramidin yläpäässä on passiivisimmat oppimistavat ja alapäässä aktiivisimmat. Aktiivisin tapa oppia on käytännön oikeasti.



**Kuva 4.2.** Ihmisen oppiminen eri tavoilla (Mukaillen Edgar 1969, s. 108).

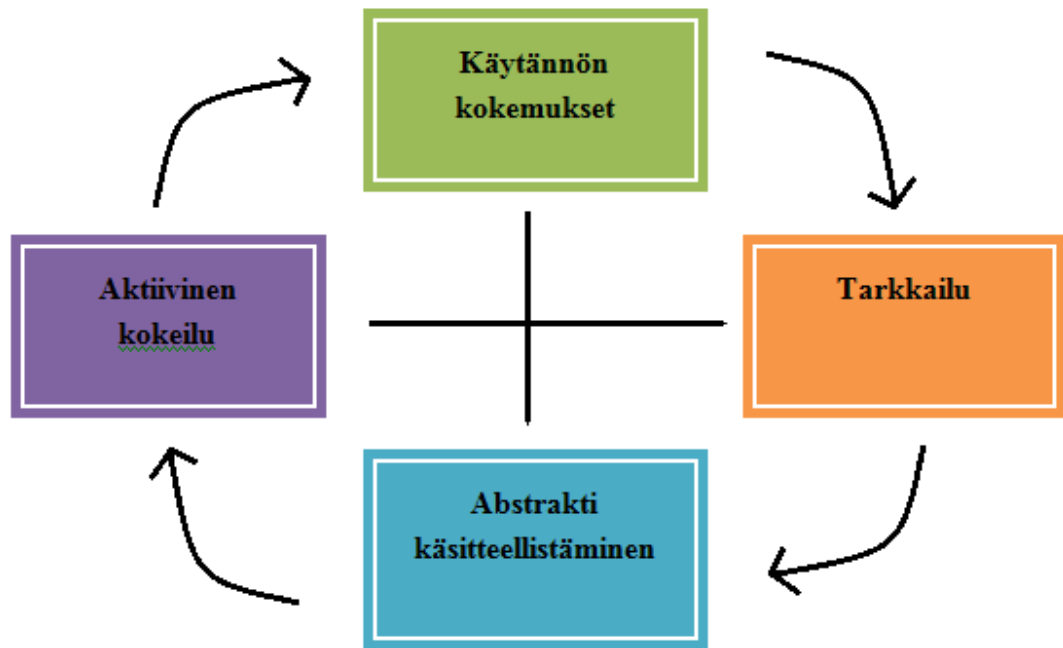
Samansuuntaisiin tuloksiin on päätenyt Peltonen (1985, s. 38 ref. Vuorinen 1995, s. 47), jonka mukaan ihminen oppii:

- 20 % kuulemastaan
- 30 % näkemästään
- 50 % näkemästään ja kuulemastaan
- 70 % puhumastaan, näkemästään ja kuulemastaan
- 90 % puhumastaan, näkemästään, kuulemastaan ja tekemästään



### 4.2.1 Kolbin oppimistyylit

Kolb jakaa kirjassaan "Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development" oppimisen neljään alalajiin: käytännön kokemuksiin, tarkkailuun, abstraktiin käsitteellistämiseen ja aktiiviseen kokeiluun (*Kuva 4.3*). Käytännön koke-  
musta edustaa esimerkiksi itse suoritettu rakentelu, tarkkailulla tarkoitetaan vaikkapa koneen osiinpurkamisen seuraamista, abstrakti käsitteellistäminen vastaa luentojen kuuntelemista ja aktiivinen kokeilu ohjattua harjoitusta. (Malmqvist 2010)



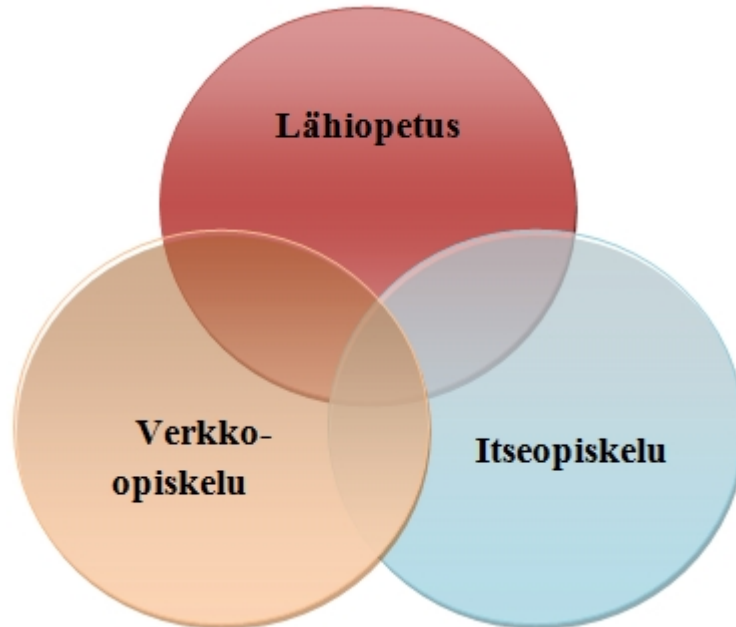
*Kuva 4.3. Kolbin oppimistyylit. Kolbin mukaan abstrakti käsitteellistäminen on seurausta käytännön kokemuksista. (Mukaillen Crawley et al. 2007, s. 144)*

### 4.2.2 Sulautuva opetus

Monimuotoisten opetusmuotojen kehittämistä ja integroimista opetukseen tieto- ja viestintätekniikan (TVT) avulla kutsutaan sulautuvaksi opetuksi (engl. blended learning). Käsitteen taustalla on kokemus e-oppimisen (e-learning), kuten verkko-opetuksen ja verkkopohjaisten etäopetusmuotojen, sovelluksista ja opetusmuodoista. Käsite "sulautuva opetus" merkitsee opetuksen kokonaisvaltaista tarkastelemista yksittäisten toimintamuotojen tai vuorovaikutustilanteiden sijaan. (Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s. 15-16; Levonen et al. 2009)

Perimmiltään kaikkea opetusta voidaan kuvata eri viestintämuotojen ja toimintamallien integraationa, eli kaikkea opetusta voidaan tarkastella sulautuvana. Sulautuva opetus kuvaa pyrkimystä rakentaa moninaisista elementeistä koostuva oppimisympäristö, jonka tavoitteena on tarkoituksenmukaisesti integroida sekä opetuksen elementtejä ja prosesseja että TVT:n tarjoamia ympäristöjä ja vuorovaikutusvälineitä soveltuvin mene-

telmin ja soveltuvissa tilanteissa. Sulautuva opetus voidaan yksinkertaisimmillaan määrittää lähiopetuksen ja verkko-opetuksen välityksellä toteutettuna integraationa (*Kuva 4.4*). (Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s. 15-16; Levonen et al. 2009)



**Kuva 4.4.** Lähiopetuksen ja verkko-opetuksen integraatio (Mukaillen *eTutors Portal* 2009).

Mitä asioita voidaan sitten sulauttaa? Bonkin ja Grahamin (2004, ref. Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s. 17) mukaan integroinnin kohteena voi olla muun muassa seuraavia asioita:

- Tiedon ja toiminnan eri muodot
- Opetuksen metodit
- Verkko- ja kasvokkainen opetus
- Koulutus ja työssä oppiminen
- Synkroninen ja asynkroninen opetus
- Yhdessä oppiminen ja itseohjautuva opiskelu

Sulautuvaa opetusta suunniteltaessa on myös syytä päättää integraation tavoite ja aste, jotka toteutuvat joko yksin tai yhdessä. Yhtenä tavoitteena on ensinnäkin opetuksen mahdollistaminen. Ajatuksena on saavuttaa uusia opiskelijoita tai ylläpitää yhteyksiä opiskelijoihin TVT:n ja verkkoperustaisten oppimisympäristöjen avulla. Toisena tavoitteena on opetuksen uudistaminen. Esimerkiksi tietoverkkojen integroiminen osaksi opetusta pyrkii kehittämään opetuksen tasoa vertaisvuorovaikutuksen avulla. Kolmanneksi sulautuvan opetuksen pyrkimyksenä on opetuskäytäntöjen muuntaminen työelämän osaamistarpeita tukeviksi, esimerkiksi uuden kansainvälisen koulutusohjelman tai työ-

elämälähtöisyyden toteuttamiseksi. Integraation asteen avulla voidaan arvioida sulautuvan opetuksen roolia opetuksessa. Valittu aste voi näkyä esimerkiksi perinteisen luennon ja luentokalvojen siirtämisestä verkkoon (lähidominoiva sulautus) tai verkkokurssin ja joidenkin lähijaksojen (verkkodominoiva sulautus) toteutuksena. (Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s.17-18; Levonen et al. 2009)

### **Sulautuvan opetuksen mahdollisuudet**

Yliopistot ja korkeakoulut pyrkivät olemaan ajan tasalla opettamansa tiedon suhteen käyttämällä uusinta opetuksen ja oppimisen pedagogista tietoa. Varsinkin tieteellisen tiedon välittäminen ja tieteellisen ajattelun kehittäminen ovat suuria haasteita. Sulautuva opetus tarjoaa uusia välineitä näihin haasteisiin. Seuraavassa tarkastellaan sulautuvan opetuksen mahdollisuuksia viidestä eri näkökulmasta:

1. Opetushenkilökunnan asiantuntijuus keskittyy yhä useammin erityisemmille alueille. Hajautetun asiantuntemuksen takia kursseilla ei välttämättä ole mahdollista saavuttaa kovin korkeaa tietämystä ilman muutoksia opetuksessa. Ratkaisuna, kursseilla voidaan käyttää vierailevia asiantuntijoita tai opettajia ja integroida interaktiivisia simulaatioita ja vuorovaikutusympäristöjä osaksi lähi- ja verkko-opetusta.
2. Tiedon rakentumista voidaan tukea erilaisten simulaatioiden ja verkkovuorovaikutusympäristöjen avulla. Tekstiä, kuvaa ja diagrammeja hyödyntäen voidaan kuvata kompleksisten prosessien elementtejä ja vuorovaikutussuhteita ymmärrettävästi ja selkeästi.
3. Akateemisten taitojen soveltaminen, sosiaalinen ja kommunikatiivinen vuorovaikutus sekä argumentointi ja projektien hallinta vaativat opetusmuodoilta moninaisuutta ja antavat mahdollisuuden kokeilla taitoja ja tietoja autenttisissa ja virtuaalisesti autenttisissa tilanteissa.
4. Sosiaalinen ja yhteistoiminnallinen oppiminen verkko-ympäristössä on mahdollista siten, että vuorovaikutusta ja opiskelijoiden reflektiivistä tiedon rakentumista voidaan tukea.
5. Kehitettäessä asiantuntijuutta tiedon jakamisen avulla tuetaan samalla sekä asiantuntijan omaa kehittymistä että opiskelijoiden integroitumista osaksi asiantuntijayhteisöä. (Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s. 20)

Sulautuvan opetuksen integroiminen osaksi yliopistojen ja korkeakoulujen opetus-toimintaa luo edellytyksiä hyödyntää monimuotoisia oppimis- ja opiskeluympäristöjä ja tiedon esittämisen eri muotoja sekä integroida pedagogisia innovaatioita ja kehittää laajasti oppimisen ja opetuksen käytäntöjä. (Joutsenvirta & Kukkonen 2009, s. 20)

### 4.2.3 Projektioppiminen

Projektioppimisessa on tavoitteena yhdistää teorian tieto käytännön toteutustietoon. Projektioppiminen on hyvin lähellä tutkivaa oppimista ja tukeutuu samoin pedagogisiin periaatteisiin (Kuva 4.5). (Edu 2009)



**Kuva 4.5.** Projektioppimisen pedagogiset periaatteet (Mukaillen Edu 2009).

Projektioppimista on ollut aina insinöörikoulutuksessa jossain muodossa erilaisten harjoitus- ja laboratoriotöiden saralla. Olennainen muutos yliopistopedagogiikan näkökulmasta lienee marssijärjestys. Behavioristisella ajalla opettaja-auktori-teettinen pulpettiopetus oli hallitseva, kun taas kognitiivis-humanistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta itse projektityö on määräävä tekijä. Työn tekemisessä hyödynnetään opettajan asiantuntijuuden lisäksi muun muassa opiskelijan aikaisempaa tietämystä ja kokemusta, sekä kykyä tuottaa uutta tietoa. (Kettunen 2009)

Projektien useista määritelmistä voidaan poimia samoja ominaisuuksia. Projektilla on aina selkeä tavoite, ja se on ajallisesti rajattu. Projektia toteuttamaan on koottu tai määrätty tietyt henkilöt, joilla on tietyt resurssit projektin toteuttamiseen. Projektit etenevät vaiheittain: idea-esivaihe-suunnittelu-toteutus-lopetus. (Vesterinen 2009, s. 70)

Projektioppimista pidetään hyvänä oppimismallina silloin, kun se yhdistää koulutuksen ja työelämän. Projekteissa työskentely tekee työelämän ja työelämälähtöisen toiminnan tutummaksi tutustuttamalla opiskelijat projektityöskentelyyn ja sen periaatteisiin. Projektioppiminen on myös tehokas, innostava ja motivoiva tapa oppia uutta.

Sen tavoitteena on, että opiskelija oppii projektityötaidon, oppii työskentelemään projekteissa ja pyrkii jatkuvasti kehittämään omaa työtään. Projektioppiminen opettaa myös tiedonhakua, lähteiden kriittistä tarkastelua sekä työn suunnittelua ja organisoimista. (Vesterinen 2009, s. 15)

Projektioppimisen edellytyksenä on, että opettaja itse osaa projektityön periaatteet ja osaa ohjata opiskelijoita työn eri vaiheissa. Opettajan rooliin kuuluu kokonaisuuden koossa pitäminen, projektin hallinnan seuraaminen, virikkeiden ja tarvittavan pohjatiedon antaminen, tiedon haussa avustaminen, asiantuntijuuden jakaminen, vaikeuksissa auttaminen, palautteen antaminen, ja arviointi. Projektityöskentely myös motivoi, kun työ on todenmukainen ja sillä saavutetaan jotain konkreettista. Projektia suunniteltaessa on huomioitava muun muassa toimintaympäristö, projektin sopivuus kyseiseen kurssiin sekä selkeä projektisuunnitelma. (Vesterinen 2009, s. 61 & 157)

Projektioppimiselle on ominaista asiakaslähtöinen suunnittelu ja toiminta, työelämän kehittämisenäkökulma, monialainen ryhmätyö, asiantuntijuuden jakaminen, osaamisen yhdistäminen, oppimisen moniulotteisuus, tutkiva ja kehittävä oppiminen ja erilaiset oppimistavat. Projektin tavoitteet ovat yksilön tai ryhmän tavoitteita tärkeämmät. (Vesterinen 2009, s. 136)

Projektissa määritellään ensin omat, ryhmän ja asiakkaan tavoitteet, sitten pohditaan keinoja työn toteuttamiseksi ja sen jälkeen arvioidaan. Työstä saatu palaute auttaa opiskelijaa näkemään oman työnsä merkityksen ja mitä hän on projektin aikana oppinut, ja tarkastelemaan asetettujen tavoitteiden täyttymistä. Palaute myös kasvattaa opiskelijan sisäistä motivaatiota, itseluottamusta ja halua asettaa itselleen korkeampia tavoitteita. (Vesterinen 2009, s. 156)

#### **4.2.4 Ongelmalähtöinen oppiminen**

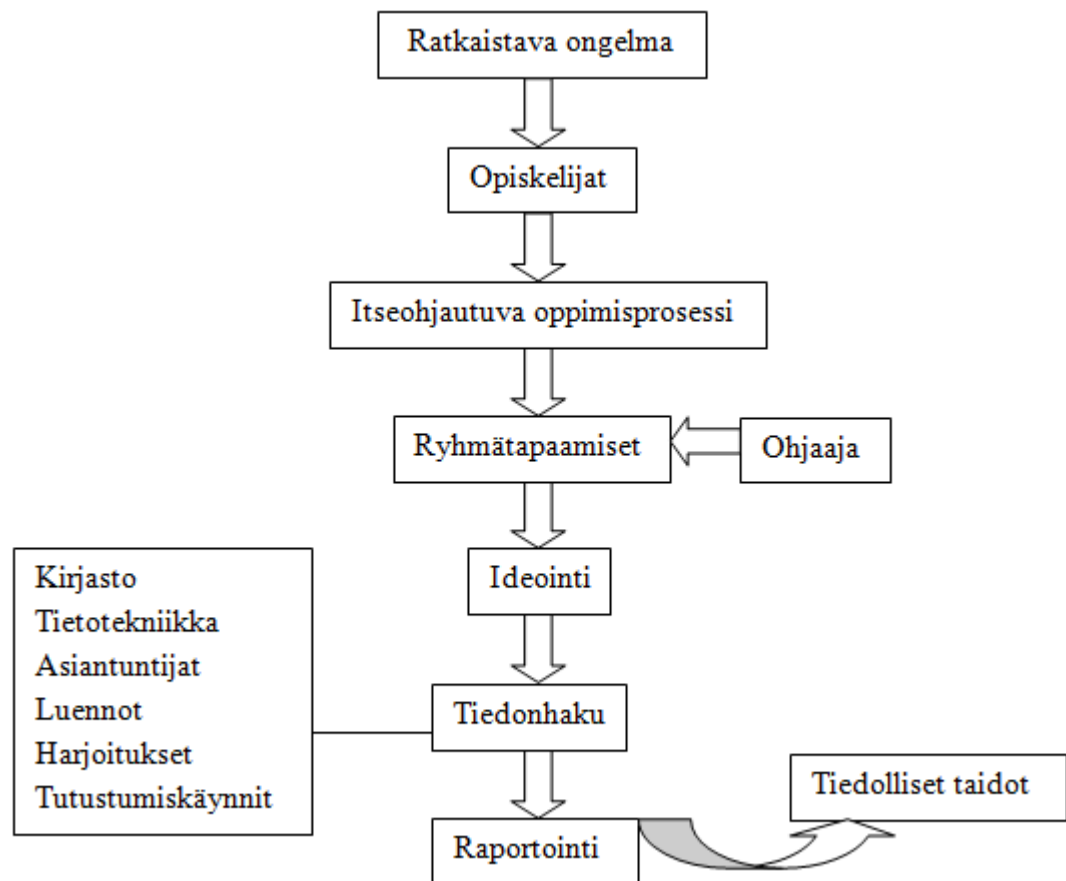
##### **Ongelmalähtöisen oppimisen taustaa**

Ongelmalähtöisen oppimisen (OLO, engl. problem based learning – PBL) historia ulottuu aina antiikin Kreikkaan saakka, sokraattisen vuoropuhelun muodossa. Sokrates ei suoraan opettanut opiskelijoilleen asioita, vaan haastoi heidät keskustelun avulla kyseenalaistamaan omat oletuksensa ja havaitsemaan virheelliset ajatuskulkunsa. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 356-358; Boud & Feletti 1997, s.3-4) Tarkoituksena ei ollut niinkään opetella ja oppia keskustelun kohteena olevia asioita, vaan oppimaan oppimisen ja itsearvioinnin taitoja. Näitä, ja muita oppilaitoksen ulkopuolisessa maailmassa hyödyllisiä ongelmanratkaisun, yhteistoiminnallisuuden ja neuvottelun taitoja alkoi myös vaatia oppilailtaan ranskalainen luokanopettaja Celestin Freinet, kun hän ensimmäisestä maailmansodasta palattuaan ei enää kyennyt opettamaan perinteisellä, opettajajohtoisella tavalla. Siksi tätä 1920-luvulla vaikuttanutta opettajaa on pidetty Euroopassa varsinaisena ongelmalähtöisen opetuksen pioneerinä. (Boud & Feletti 1997, s. 3-4)

Ongelmalähtöinen oppiminen, siinä muodossa kun se tänä päivänä tunnetaan, sai alkunsa yli 40 vuotta sitten Pohjois-Amerikassa. Kalifornian yliopiston opettaja Howard

Barrows oli työssään huomannut, että vain harva lääketieteen opiskelija pystyi soveltamaan oppimaansa teoriaa käytännön ongelmatilanteissa. Lisäksi silloiset arviointikäytännöt eivät tukeneet lääketieteen opiskelijoiden oppimista eivätkä myöskään kertoneet opettajalla opiskelijoiden osaamisen tasoa. Barrows kehitti kollegoidensa kanssa ensimmäisen ongelmalähtöisen lääketieteen opetusohjelman, joka otettiin käyttöön vuonna 1969 Kanadassa McMaster Medical Schoolissa. Ongelmalähtöinen opiskelu levisi nopeasti seuraavilla vuosikymmenillä muualle Kanadaan, Australiaan ja Yhdysvaltoihin. Euroopan ensimmäinen ongelmalähtöinen koulutusohjelma käynnistyi Alankomaissa, Maastrichtin yliopistossa vuonna 1974. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 356-358; Boud & Feletti 1997, s. 3-4)

Ongelmalähtöinen oppiminen on prosessi, jonka avulla pyritään löytämään, analysoimaan ja ratkaisemaan ongelmia. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 358) Ongelmalähtöisessä opetussuunnitelmassa ei opiskella perinteisillä tavoilla, vaan tutkinnon opinnot suoritetaan tapausten avulla, jotka vastaavat oikean elämän tilanteita. Esimerkiksi lääketieteellisessä opiskellaan potilastapausten avulla ja oikeustieteellisessä oikeustapausten avulla. Opiskelijat työskentelevät pienissä ryhmissä ja itse opiskelu tapahtuu asettamalla avoimia kysymyksiä opettajan toimesta. Ryhmien tapaukset on suunniteltu niin laajoiksi, ettei niitä pysty ratkaisemaan suoraan aikaisemman tiedon pohjalta. Opettajan rooli ryhmätyöskentelyn ajan on toimia ohjaajana, ei oikeiden vastausten kertojana. Tavoitteena ei ole oikeiden vastausten löytäminen vaan syvälinen ja monipuolinen perehtyminen ongelmaan tai tapaukseen. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 358; Boud & Feletti 1997, s. 18) *Kuva 4.6* esitetään ongelmalähtöisen oppimisen prosessi Malmforsin (2009) mukaan.



**Kuva 4.6.** Ongelmalähtöisen oppimien prosessi (Mukaillen Malmfors 2009).

Prosessin jakautuu eri askeliin. Tiivistettynä, ryhmä pitää ensin ideapalaverin, jossa päättävät mitä heidän täytyy oppia selvittääkseen kyseessä olevan ongelman. Seuraavaksi opiskelijat etsivät sopivaa tietoa eri lähteistä, kuten asiantuntijoilta, kirjastosta, luennoilta, harjoituksista sekä internetistä. Lopuksi jokainen ryhmä tekee yhteenvedon löytämistään tiedoistaan ja päätelmistään. Yhteenvedo voi olla kirjallinen, suullinen tai graafinen. (Malmfors 2009)

### Mikä on ongelmalähtöistä oppimista?

Boudin ja Felettin (1997, s. 56) mukaan ongelmalähtöisellä oppimisella on kolme keskeistä piirrettä, joiden mukaan se

- Kannustaa avoimeen, pohtivaan, kriittiseen ja aktiiviseen opiskeluun.
- Kunnioittaa sekä oppilasta että opettajaa yksilöinä, jotka kohtaavat yhteisessä oppimisprosessissa tietoineen, ymmärtämyksineen, tunteineen ja pyrkimyksi-neen.
- Pohtii tiedon luonnetta - tieto nähdään monisyisenä ja sitä muuttavat yhteisöjen reaktiot ympäristössä havaittuihin ongelmiin.

Piirteistä ensimmäinen voi olla uhka niille opettajille, jotka pitävät enemmän passiivisista oppilaista ja tilanteista, jossa opettaja voi kontrolloida täysin opetettavaa ainesta. Kontrollin menetyksessä on silloin kyse oman vallan menetyksestä. Toinen piirteistä voi olla uhka niille, jotka pitävät opetusta pääasiassa yksisuuntaisena prosessina. Se voi olla uhka myös niille, joiden on vaikea kohdella muita tasa-arvoisina ihmisinä. Kolmas piirre voi olla uhka niille, joiden mielestä tieto on vain siirrettävä informaatiojoukko, opettaminen informaation siirtämistä ja oppiminen sen vastaanottamista. (Boud & Feletti 1997, s. 56)

Jos ongelmalähtöinen oppiminen ymmärretään välineenä, se nähdään lähinnä tekniikkana tai metodina ja tällöin korostuu oppijan toiminnan näkökulma ja sitä on myös helppo kritisoida. Ongelmien käsittely ei tue automaattisesti laaja-alaista osaamisen kehittymistä, jos ongelmat ovat luonteeltaan selkeästi ratkaistavissa olevia kuvauksia. Ne antavat silloin helposti suppean kuvan ammatillisesta todellisuudesta. Yksi opetussuunnitelman ja ongelmien laatimisen suurimmista haasteista onkin, miten hyvin ongelmat heijastelevat käytännön ongelmia. (Poikela 2003, s. 28-29)

Jos ongelmalähtöinen oppiminen käsitetään opetusfilosofiaksi, kokemuksellinen oppiminen ja konstruktivismi korostuvat taustalla. Oppijan toiminnassa korostuu elinikäisen oppimisen merkitys ja oppilaitoksen tasolla opetussuunnitelmallisen kehittämisen ja arvioinnin merkitys. Opetussuunnitelma integroi eri oppiaineiden tietoaineokset ja niiden pohjalta oppija pystyy muodostamaan jo opiskeluvaiheessa työelämän tarpeita palvelevia asiakokonaisuuksia ja voi aloittaa ammatillisen osaamisensa kehittämisen. Mikrotasolla ongelmalähtöinen oppiminen rajoittuu luokkahuoneeseen, jossa kehitetään opiskelijoiden itseohjautuvuustaitoja ja ryhmän vuorovaikutustaitoja. Toteutuminen vaati refleктоimaan sekä oppijan että opettajan toimintaa. Mikrotasolla toteutettuna kyse on lähinnä mukavasta vaihtelusta, mutta sillä ei saavuteta oppimistasojen kehittymistä tai laajempaa opetuskulttuurin muutosta. Makrotasolla ongelmalähtöinen oppiminen on enemmänkin strategia, joka edellyttää muutoksia oppijan toiminnan lisäksi opetussuunnitelmassa, opettamisessa ja yhteistoiminnassa koko oppilaitoksessa. (Poikela 2003, s. 29)

Poikelan (2004, s. 28) mukaan sekä kouluttajien että opiskelijoiden on syytä tiedostaa myös ongelmalähtöisen oppimisen prosessitavoitteet, joita ovat muun muassa:

- Ongelmanratkaisutaitojen oppiminen
- Tiimityötaitojen oppiminen
- Kommunikaatiotaitojen oppiminen
- Vuorovaikutustaitojen oppiminen
- Sosiaalisuuden oppiminen
- Tiedonhankintataitojen oppiminen
- Analyttisyyden oppiminen
- Kriittisyyden kasvaminen



## Asiantuntijuus

Sisältökeskeisessä ajattelussa asiantuntija on henkilö, joka tietää paljon asioita ja hänellä on runsaasti väitetietoa. Sisältökeskeisessä opetuksessa opetuksessa hallitsevin suuntaus onkin juuri sisältöön keskittyminen. (Boud & Feletti 1999, s. 55)

Toinen määritelmä asiantuntijuudelle on kyky tehdä järkeviä arvioita siitä, mikä on missäkin tilanteessa ongelmallista. Se on kyky tunnistaa tärkeimmät ongelmat ja tietää, miten niiden ratkaisemisessa tulee edetä. Ongelmalähtöisessä ajattelutavassa hankitaan propositionaalista tietoa vain tarpeen mukaan ja käytetään sitä optimaalisella tavalla jokaisessa tilanteessa erikseen. Sisällön tärkeyttä ei kiistetä, mutta se kiistetään, että tietoa kannattaa hankkia abstraktisti ja paljon ja painaa se mieleen mahdollista tulevaa käyttöä varten. Tieto siitä, miten jokin asia on ja miten jokin asia tehdään, ovat voimakkaasti yhteydessä toisiinsa ongelmalähtöisessä menetelmässä. Olennaista sisältöä ei myöskään etukäteen määrätä, vaan ongelmat tavallaan valikoivat ratkaisussa tarvittavan sisältöaineksen. (Boud & Feletti 1999, s. 55)

## Keksiminen ja perusteleminen

Keksimistä pidetään monesti selittämättömänä, ennustamattomana ja hallitsemattomana prosessina. Vaikka onkin totta, että ideoita voi saada äkkiä ja arvaamatta, ei pidä jättää huomiotta sitä mahdollisuutta, että keksimisen ja sen taustalla olevan tiedon välillä on yhteys. Ongelmalähtöistä oppimismenetelmää vastustetaan sillä, että jos keksiminen on ennustamaton ja epävarma prosessi, ei vastuunsa tunteva opettaja voi suositella tällaista oppimismuotoa, jossa oppilaat keksivät ratkaisuja ongelmiin. Tällöinhän oppiminen olisi satunnaista ja osuisi vain harvoille oppilaille. (Boud & Feletti 1999, s. 57-58)

Kasvatustieteen omaksuman, keksimistä ja perustelemista koskevan erottelunäkemysargumenttien mukaan ei voida laatia sääntöjä siitä, miten tieteellisen oivalluksen tekemiseksi tulisi edetä. Näin keksimisen tosiasioiden tutkimus ja kuvaus eivät kuulu logiikan vaan psykologian alaan. Perusteleminen on eri asia. Perustelujen kohdalla voidaan sanoa, mitä loogisesti pitäisi tehdä. Tieteellisten teorioiden pitää olla johdonmukaisia ja selittää olennaisia asioita. Perustelemista sovelletaan tieteellisten oivallusten lopputuloksiin eli tyypillisesti julkaistuihin teorioihin. Keksiminen ja perusteleminen ovat siis sekä ajallisesti että loogisesti toisistaan poikkeavia. (Boud & Feletti 1999, s. 59)

Vaikkei keksimisprosessia voidakaan ohjelmoida kuten tietokonemallia, jolla saavutetaan täsmälleen haluttu lopputulos, ovat jotkin tieteelliset oivallukset syntyneet osana rutiininomaista ratkaisun etsimisprosessia. Radikaaleimmat tieteelliset oivallukset tulevat olemaan jatkossakin onnekkaita sattumia, mutta asianmukaiset tutkimuskäytännöt ja jatkuva kriittinen arviointi voivat edistää monien oivallusten syntymistä. (Boud & Feletti 1999, s. 59)

## Ongelmalähtöisen oppimisen malleja

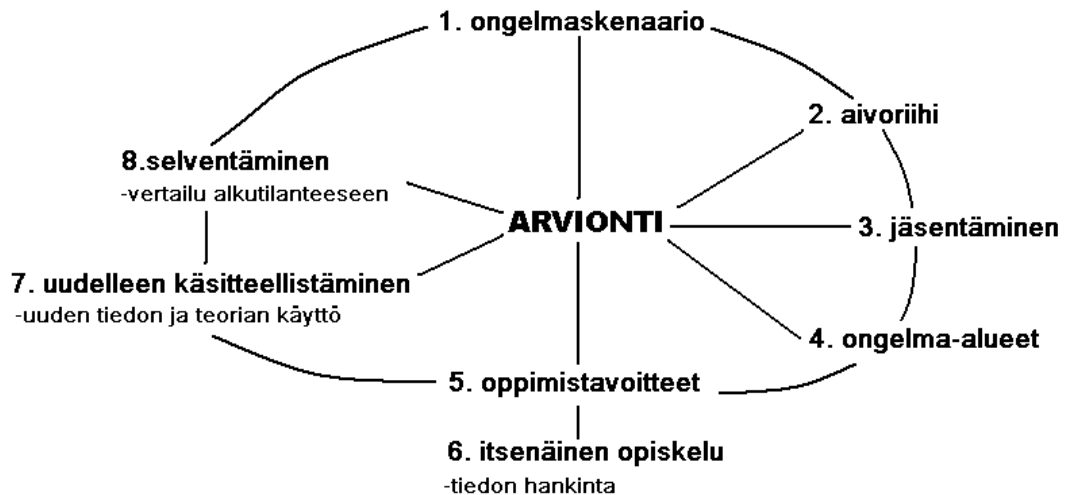
Ongelmalähtöisen oppimisprosessin kuvaamiseen on olemassa useita erilaisia malleja. Ongelmanratkaisuprosessiin keskittyvät mallit jäsentävät tarkasti oppimisprosessia ja ovat siksi käyttökelpoisia erityisesti ongelmalähtöisen oppimisen soveltamisen alkuvaiheessa. (Poikela 2003, s. 135) Tunnetuimpia ovat Malmforsin, Polyanin, Deweyn, Woodsin, Schmidtin, Barrowsin ja Tamblynin mallit sekä syklimallit. Euroopassa eniten käytetty on Schmidtin seitsemän askeleen malli (Boud & Feletti 1999, s. 245), joka esitetään *Liitteessä 4*.

Seitsemästä askeleesta voidaan erottaa kaksi päävaihetta: avaus- ja purkutilaisuus. Avaustilaisuudessa opiskelijat käyvät läpi viisi ensimmäistä askelta eli rajaavat ja selvittävät tapauksen ajallisesti ja sisällöllisesti, aktivoivat aikaisemmat tietonsa aiheesta, rakentavat alustavan selitysmallin sekä määrittelevät itselleen opiskelutavoitteet. Tämän jälkeen askeleen kuusi mukaan opiskelijat perehtyvät tapaukseen kirjallisuuden avulla itsenäisesti. Lopuksi askeleen seitsemän mukaan he kokoontuvat purkutilaisuuteen, josta käytetään myös nimitystä arviointitilaisuus. Purkutilaisuudessa opiskelijat keskustelvat pienryhmissä oppimistaan asioista, vertaavat niitä ja tarkentavat edellisellä kerralla rakentamaansa selitysmallia. (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s.359).

Syklimalleja käytetään eritoten Australiassa ja Ruotsissa. Oppimisen prosessiluonne, ongelmanratkaisun jatkuvuus sekä jatkuvan arvioinnin merkitys painottuvat ongelmalähtöisen oppimisen malleissa, jotka korostavat oppimisen kokemuksellisuutta. Näissä malleissa oppimis- ja ongelmanratkaisuprosessi esitetään syklisessä muodossa. Syklimallien taustateorianaa voidaankin pitää Kolbin kokemuksellisen oppimisen mallia. Syklimallit ovat keskenään samanlaisia periaatteiltaan, vaikka yksityiskohdat saattavatkin vaihdella. Näissä malleissa painotetaan erityisesti ongelman luonteen muotoilua ja jatkuvaa arviointi. (Poikela 2003, s. 142)

Boudin (1985, s.16) mukaan kokemuksellinen oppiminen nostaa oppijoiden omat kokemukset keskeiseen asemaan ja toimii kaiken oppimisen organisoinnin periaatteena. Oppijoiden oman kokemuserustan tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Heidän tulisi kyetä edistämään oppimistaan kaikissa oppimisen vaiheissa aiempien kokemusten pohdinnan avulla. Tämä ei tarkoita vain aiempia elämäkokemuksia, vaan myös oppimistilanteissa aktiivisesti tuotettuja kokemuksia. (Poikela 1998, s. 75-76)

Oppijan näkökulmasta on tärkeää, miten ongelmaa voidaan lähestyä, miten tietoa hankitaan ja miten omia kokemuksia prosessoidaan reflektion keinoin. Opettajan työ painottuu oppijan opastamiseen oppimisen taidoissa ja ongelmanratkaisussa, ei tiedon esittämiseen. Arvioinnissa korostuu itse- ja vertaisarviointi. Viestintä- ja vuorovaikutustaitoihin kiinnitetään huomiota eksplisiittisesti alasta riippumatta. (Boud 1985, s. 13-18) *Kuva 4.7* on esitetty Linköpingin yliopistossa (LiU) käytössä oleva syklinen skenaariomalli. Se on esimerkki yksityiskohtaisesti jäsennetystä oppimisprosessista, jossa lähtökohtana korostuu oppimisen syklisyys ja jatkuvuus. Mallin ytimessä on arviointi sekä oppimisen että ongelmanratkaisun kannalta. (Poikela 1998, s. 76)

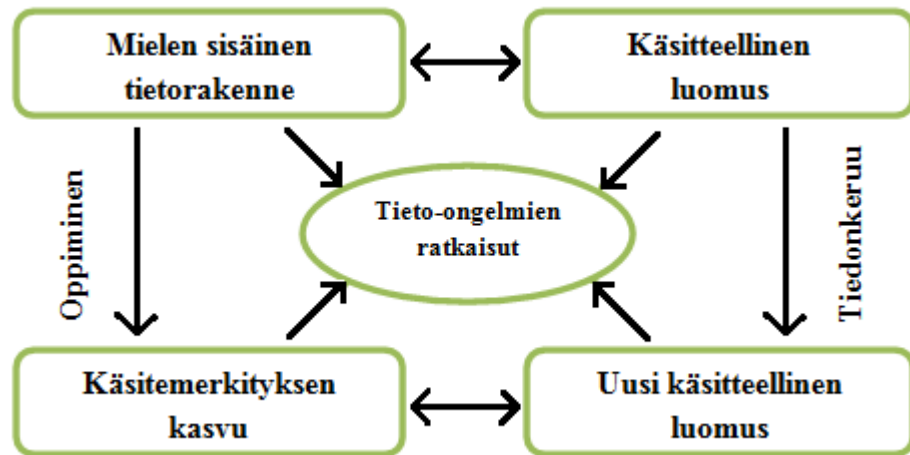


**Kuva 4.7.** Ongelmalähtöisen oppimisen syklinen skenaariomalli

Ongelma voi laajimmillaan olla luonteeltaan skenaario, joka kantaa oppimista pidemmällekin kuin yhden oppimissyklin ajan. Ensimmäisessä vaiheessa oppijat pyrkivät yhteisymmärrykseen skenaarion tarkastelutavasta ja ongelman asettamiseen liittyvistä käsitteistä. Toisessa vaiheessa tuodaan esiin aiempi aiheeseen liittyvä tietämys ja tuotetaan ideoita ongelman käsittelyn erilaisista mahdollisuuksista assosiaation ja elaboraation avulla. Kolmannessa vaiheessa ideat ja tietämys ryhmitellään ja neljännessä vaiheessa niistä valitaan käsittelyn kannalta tärkeimmät ja ajankohtaisimmat osa-alueet. Viidennessä vaiheessa määritellään oppimistehtävä hahmottelemalla alueita, joissa ryhmän tietämyksessä näyttäisi olevan epäselvyyttä. Kuudes vaihe sisältää monin eri tavoin tapahtuvan tiedon hankinnan ja seitsemännessä vaiheessa tietoa konstruoidaan yhdessä ryhmässä ja pyritään käsitteellistämään se uudelleen. Kahdeksannessa vaiheessa palataan alkuperäiseen ongelmaan, selvennetään ja selkiytetään kuva etenemisestä sekä luodaan uusi pohja mahdolliselle prosessin jatkumiselle. (Poikela 1998, s. 77-78)

#### 4.2.5 Tutkiva oppiminen

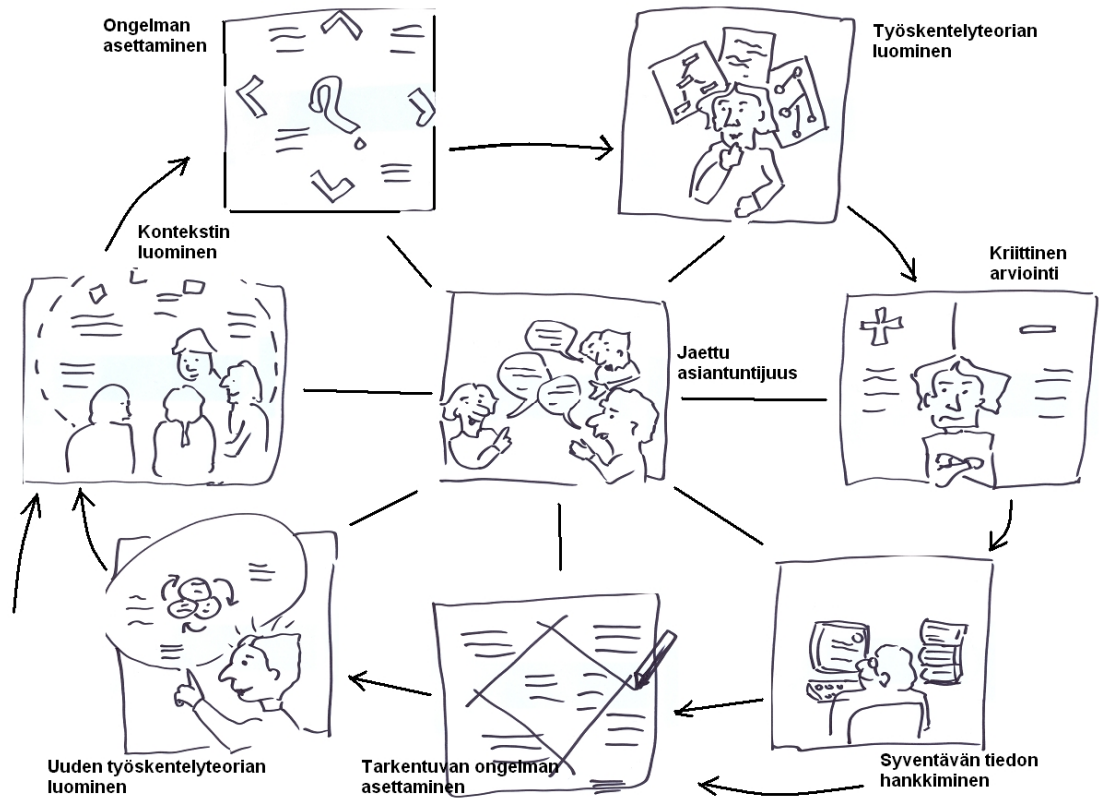
Tutkivan oppimisen tarkoituksena on johdattaa oppijat osallistumaan yhteisölliseen tiedon tuottamiseen. Oppija ohjaa oppimistaan itse asettamalla ongelmia, muodostamalla niistä omia käsityksiä ja selityksiä sekä hakemalla itse tietoa ratkaistakseen ongelmat. Olennaista on tiedonkäsittely toiminnan kohteena. Oppija rakentaa kerätyistä tiedoista suurempia kokonaisuuksia. Tutkivassa oppimisessa on keskeisintä tutkimusprosessin jakaminen ryhmän tai yhteisön kanssa, sillä vuorovaikutus tukee oppimista. (Hakkarainen et al. 1999; Hakkarainen et al. 2005) Hakkarainen et al. (2005) määrittelevät (Kuva 4.8) oppimisprosessin oppimisen ja tiedonrakentelun väliseksi vuorovaikutukseksi.



**Kuva 4.8.** Tutkivan oppimisen oppimisprosessi (Mukaillen Hakkarainen et al. 2005, s. 297)

Kehitettäessä käsitteellisiä luomuksia, johtaa se samalla myös yksilön käsittemerkitysten kasvuun. Tällainen tiedonrakentelu on asiantuntijoille ominaista kehitystyössä. Tutkivan oppimisen perusajatuksena on, että oppija joutuu uutta tietoa opetellessaan käymään läpi mielessään samanlaiseen prosessin kuin tiedemiehet käyvät uutta tietoa kehittäessään. Oppimisyhteisön toiminnan tulisi myös jäljitellä tieteellisiä oppimisryhmiä. (Hakkarainen et al. 2005, s. 296-298)

Tutkivan oppimisen prosessi koostuu yhdeksästä eri osatekijästä. Epäselvien kysymysten ja teorioiden muuttuessa täsmällisimmiksi, on tutkiva oppiminen parhaimmillaan. Kuva 4.9 on esitetty tämä oppimisen kehämäinen prosessi, joka muodostuu tutkivan oppimisen osatekijöistä syventäen yksilön tietämystä. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299)



**Kuva 4.9.** Tutkivan oppimisen prosessi (Mukaillen Hakkarainen et al. 2005, s. 299).

Kontekstin luomisessa oppimiselle luodaan pohja kytkemällä asiat eri tieteenalojen merkityksellisiin kysymyksiin, asiantuntijoiden ratkaisemiin todellisiin ongelmiin tai opiskelijoiden omaan kokemusmaailmaan. Tarkoituksena tällä on motivoida oppilaita ja auttaa heitä ymmärtämään paremmin opiskeltavien asioiden merkitys ja soveltamaan oppimaansa myös oppimistilanteiden ulkopuolella. Tutkivan oppimisprosessin kohteeksi tulisi valita ongelmia, jotka liittyvät johonkin opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kannalta keskeiseen aihepiiriin. Tärkeintä on, että aihepiiri on tarpeeksi monimutkainen ja moniulotteinen. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Ongelmien asettamisessa on tärkeää, että oppilaat ratkaisevat itsensä asettamia ongelmia, jotka syntyvät yhteisen pohdiskelun ja ajattelun avulla. Nämä kysymykset asetetaan jatkotyöskentelyn lähtökohdaksi ja tavoitteeksi koko työskentelyprosessille ja tulevalle tiedonhankinnalle. Tämä auttaa opiskelijoita motivoitumaan ja sitoutumaan tutkivan oppimisen prosessiin. Uutta tietoa ei siis sulauteta suoraan aikaisempiin tietorakenteisiin, vaan se rakennetaan ratkaisemalla tieto-ongelmia sekä luomalla ja arvioimalla omia teorioita ja selityksiä. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Työskentelyteorian luominen tarkoittaa, että tutkittavalle asialle tai ilmiölle mietitään omia selityksiä oman taustatiedon ja kokemusten pohjalta. Siinä myös tiedostetaan omien käsitysten ja uuden tiedon välinen ero. Tavoitteena on rohkaista opiskelijoita käsittelemään omia ajatuksiaan ja johtopäätöksiään ja siten muuttamaan ne tietoisesti tar-

kastelun ja yhteisen pohdinnan kohteeksi. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Kriittinen arviointi on oman tutkimusprosessin arvioimista ja uusien tavoitteiden asettamista. Arvioinnin tarkoituksena on kehittää oppimisyhteisön luomia teorioita kiinnittämällä huomiota puutteellisuuksiin ja muihin epäkohtiin. Tässä vaiheessa yhteisö ideoi ja tuottaa uusia ajatuksia, jotka voisivat viedä prosessia eteenpäin ja arvioivat auttavatko ne ongelmana olevan ilmiön ratkaisemisessa. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Syventävän tiedon hankkiminen on työskentelyteorioiden kriittistä arviointia ja löydetyn tiedon testaamista tutkimalla eri tiedonlähteitä. Selittävän tieteellisen tiedon käyttö on ratkaisevaa ongelmien ratkaisemisessa. Tiedon haku ei saa loppua ensimmäisen tietolähteen löydyttyä, sillä usean tietolähteen tarkastelu syventää tutkimusprosessia.

Tarkentunut ongelma asetetaan, kun syventävä tiedonhaku luo uusia ongelmia ja tutkimusongelma tarkentuu. Laajat ongelmat ja kysymykset jaetaan pienempiin kysymyksiin ratkaisemisen helpottamiseksi. Tämä vaihe vaatii paljon opettajan ohjausta ja tukea. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Uusi työskentelyteoria luodaan, kun tutkimusasetelma on tarkentunut. Tämän vaiheen tarkoituksena on kehittää parempia selityksiä aikaisempien teorioiden ja uuden tiedon pohjalta. Opiskelijoille on haasteena luoda asteittain monimutkaistuvia teorioita ja luopua omista arkikäsitteistään ratkaistakseen tutkimusongelman. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

Jaettu asiantuntijuus tarkoittaa, että kaikki oppimisprosessit on jaettu oppimisyhteisön kanssa. Tiedon ja teorioiden kehittyminen on koko oppimisyhteisön vastuulla. Asiantuntijuuden jakaminen ja vuorovaikutus synnyttävät uutta tietoa ja ymmärrystä, johon yksin ei pystyisi. Yhteisöllisen tiedonrakentelun ja opiskelijoiden välisen vuorovaikutuksen ansiosta koko oppimisyhteisön voimavaroja ja tietoja voidaan käyttää tutkimusprosessin edistämiseksi. (Hakkarainen et al. 2005, s. 299-303; Lindblom-Ylänne & Nevgi 2004, s. 64-65)

#### **4.2.6 Massaluentojen aktivoiminen**

Aktiiviset oppimismenetelmät auttavat opiskelijaa ymmärtämään yhteydet kurssin pääasioiden välillä. Lisäksi ne edesauttavat opiskelijaa käyttämään oppimaansa tietoa uusissa sovelluksissa. Aktiivisia oppimismenetelmiä voidaan sisällyttää kaikenlaisille kursseille. Crawley et al. (2007) esittelevät kirjassaan ”Rethinking Engineering Education” seuraavat aktivoimismetodit, jotka ovat käytössä useassa CDIO -opetusohjelmassa: mutakortit (engl. muddy cards), käsitekysymykset (engl. concept questions), elektroniset vastausjärjestelmät (engl. electronic response systems) sekä rasituksen (engl. ticking). (Crawley et al. 2007, s. 141)

## Mutakortit

Mutakorteilla, pidemmältä nimeltään ”luennon mutaisin piste -kortit”, kerätään luennolla palautetta, jotta voidaan tunnistaa opiskelijoille epäselviksi jääneitä asioita. Luennon lopussa opiskelijoita pyydetään pohtimaan, mitä he ovat luennolla oppineet. Opiskelijat kirjoittavat ylös asioita – mutaisimpia pisteitä – jotka ovat jääneet epäselvimmiksi, ja antavat ne luennon opettajalle. Vastaukset epäselvimpiin kohtiin voidaan antaa usealla eri tavalla: lähettämällä kysymykset ja vastaukset kurssin internet -sivulle, kertomalla vastaukset seuraavan luennon alussa tai jakamalla vastaukset paperilla tai sähköpostilla yleisimpiin epäselviin asioihin. (Crawley et al. 2007, s. 141)

Kysymyksien ja kommenttien ylöskirjoittaminen auttavat opiskelijoita järjestämään ajatuksiaan ja opiskelemaan tehokkaammin. Lisäksi, mutakortit auttavat kurssin opetushenkilökuntaa kehittämään kurssia parempaan suuntaan. (Crawley et al. 2007, s. 142)

## Käsitekysymykset

Käsitekysymykset ovat luennolla esitettäviä monivalintakysymyksiä, joilla tarkastetaan opiskelijoiden tietämys ja korjataan harhaluulot. Kysymysten muodon vuoksi ne ovat nopea toteuttaa; miettimiseen ja vastaamiseen kuluu aikaa vain muutama minuutti. Kysymyksillä on seuraavat ominaisuudet:

- Kysymykset keskittyvät yhteen käsitteeseen kerrallaan
- Kysymysten ratkaisut eivät ole riippuvaisia vain yhdestä yhtälöstä
- Kysymykset paljastavat opiskelijoiden yleiset ongelmat käsitteen kanssa
- Kysymyksiin on mahdollisesti useita oikeita vaihtoehtoja (Crawley et al. 2007, s. 142)

Kysymys esitetään luennolla ratkaisuvaihtoehtojen kanssa, ja opiskelijoille annetaan muutama minuutti aikaa vastata. Opiskelijat voivat kertoa vastauksensa nostamalla kättä, värikoodatuilla korteilla tai jollakin elektronisella järjestelmällä. (Crawley et al. 2007, s. 142)

Moni CDIO –opetusohjelmista käyttää käsitekysymyksiä tehostaakseen opiskelijoiden oppimista. Opetushenkilökunta näkee hyvänä asiana sen, että kysymykset osoittavat opiskelijoiden ymmärryksen tason ja että he voivat saman tien luennolla korjata opiskelijoiden harhakäsitykset. (Crawley et al. 2007, s. 143)

## Elektroniset vastausjärjestelmät

Jotkin CDIO –opetusohjelmista käyttävät elektronista vastausjärjestelmää (esimerkiksi Personal Response System, PRS) yhdistettynä käsitekysymyksiin. Elektroninen vastaus-

järjestelmä on eräs tapa kerätä, yhteenvetää ja esittää vastauksia luennolla. (Crawley et al. 2007, s. 143)

Opiskelijat voivat vastata monivalintakysymyksiin langattomilla kaukosäätimillä, helposti vain nappia painamalla. Vastaukset tulevat välittömästi näkyviin, joko luennoitsijalla tai koko salille. Järjestelmää käyttävät opetusohjelmat ovat havainneet, että se lisää opiskelijoiden motivaatiota ja osallistumista luennolle. (Crawley et al. 2007, s. 143)

## **Rastitus**

Rastitus sopii usealle tekniikan peruskurssille, jossa keskitytään ongelmanratkaisuun. Sitä käytetään esimerkiksi KTH:ssa luennoilla ja harjoituksissa. (Crawley et al. 2007, s. 143)

Jokaiselle luennolle opiskelijoita pyydetään käymään läpi ryhmä ongelmia ja etsimään niihin vastauksia. Luennolla opiskelijat rastittavat listaan, mihin ongelmista he ovat valmiita esittämään ratkaisun koko luokan edessä. Tämän jälkeen opettaja valitsee sattumanvaraisesti listasta opiskelijan esittelemään ratkaisunsa. (Crawley et al. 2007, s. 143)

Opiskelijat saavat rastituksiensa perusteella hyvityspisteitä esimerkiksi tenttiin. Ratkaisujen laatu ei vaikuta hyvityspisteisiin, kunhan vain opiskelija on selvästi panostanut ongelman ratkaisemiseen. Rastitus on tehokas oppimistapa useasta syystä:

- Viikoittaiset ongelmat motivoivat opiskelijoita käyttämään enemmän aikaa tehtävän ratkaisemiseen.
- Koska opiskelijoiden täytyy ongelmanratkaisun lisäksi valmistella esitys ratkaisusta, he rohkaistuvat selittämään toimintatapojaan ja päätöksiään.
- Koska opiskelijat ovat valmistelleet ratkaisun samaan ongelmaan kuin muut opiskelijat, heidän on helpompi seurata esityksiä, vaikka ne eivät olisikaan täydellisiä. Tämä tarjoaa opiskelijoille välittömän palautteen ja usein johtaa tasokkaaseen keskusteluun vaihtoehtoisista ratkaisuista. (Crawley et al. 2007, s. 144)



## 5 TUTKIMUSASETELMA

### 5.1 Kohteen esittely

#### 5.1.1 Tuotantotekniikan laitos

Tuotantotekniikan laitos on budjetiltaan Tampereen Teknillisen yliopiston suurimpia laitoksia. Laitoksella on töissä 87 henkilöä, joista 6 on professoreja. Vuonna 2009 laitoksella tarkastettiin 51 diplomityötä ja 3 väitöskirjaa. (Tilastokirja 2009)

Lukuvuonna 2010 -2011 tuotantotekniikan laitos opettaa kolmea eri pääainetta: integroitua tuotekehitystä ja tuotantoa, tuotantotekniikkaa ja tehdasautomaatiota. Opetettavia kursseja on yhteensä 34. (TTY:n opiskelijaportaali)

Laitoksen strategiana on "kestävän kehityksen keinoin vahvistaa valmistavan teollisuuden kykyä olla pysyvästi innovatiivinen ja kilpailukykyinen". TTE:n päätutkimusalueina ovat tuote- ja tuotantojärjestelmät, valmistustekniikka ja mittaus, valmistusautomaatio ja kokoonpanoautomaatio. (Andersson 2010) Toiminta on pitkälti yritysrahoitteista: noin 60 % rahoituksesta tulee yrityksiltä (Tilastokirja 2009).

Tuotantotekniikan laitoksen opetus tapahtuu pääasiassa laitoksen omissa tiloissa. Laitoksella on opetusta varten muun muassa oma luentosali (*Kuva 5.1*), tietokoneluokka ja työstökonelaboratorio (*Kuva 5.2 & Kuva 5.3*). Pääasiallisina opetusmenetelminä käytetään perinteisiä massaluentoja ja harjoitustöitä. Opiskelijoiden kurssiarvosana määräytyy yleensä harjoitustyön ja tentin perusteella.



*Kuva 5.1. Tuotantotekniikan laitoksen luentosali.*



*Kuva 5.2. Yleisnäkymä Tuotantotekniikan laitoksen raskaasta laboratoriosta.*



*Kuva 5.3. CNC –kone Tuotantotekniikan laitoksen raskaassa laboratoriossa.*

### 5.1.2 Tuotantotekniikalle tulevat opiskelijat

Tuotantotekniikan laitoksen opiskelijat koostuvat pääasiassa konetekniikan, automaation ja tuotantotalouden opiskelijoista siten, että yli puolet opiskelijoista on konetekniikalta, noin kolmasosa automaatiotekniikalta ja noin kymmenesosa tuotantotaloudelta. Muiden koulutusohjelman opiskelijoita on alle kymmenesosa. (Andersson 2010) Opiskelijoiden tausta on siis jokseenkin kolmijakoista, ja jakauman pohjalta voitaneen olettaa, että suurimmalla osalla on joko kone- tai automaatiotekniikan perusopinnot pääosin suoritettuna.

Konetekniikan opiskelijoiden koulutusohjelmakohtaisiin opintoihin kuuluu termodynamiikkaa, tuotantotekniikkaa, sähkötekniikkaa, koneenpiirustusta, hydraulikkaa, ohjelmointia, ja kolme kurssia teknillistä mekaniikkaa. Automaatiotekniikan opiskelijoilla pakolliset kurssit sisältävät tuotantotekniikkaa, elektroniikkaa, ohjelmointia, piiri-analyysiä, hydraulikkaa, elektroniikkaa, ja automaatio ja säätötekniikkaa. Tuotantotalouden koulutusohjelmakohtaiset kurssit koostuvat pääasiassa talouskursseista. (Opinto-opas 2010)

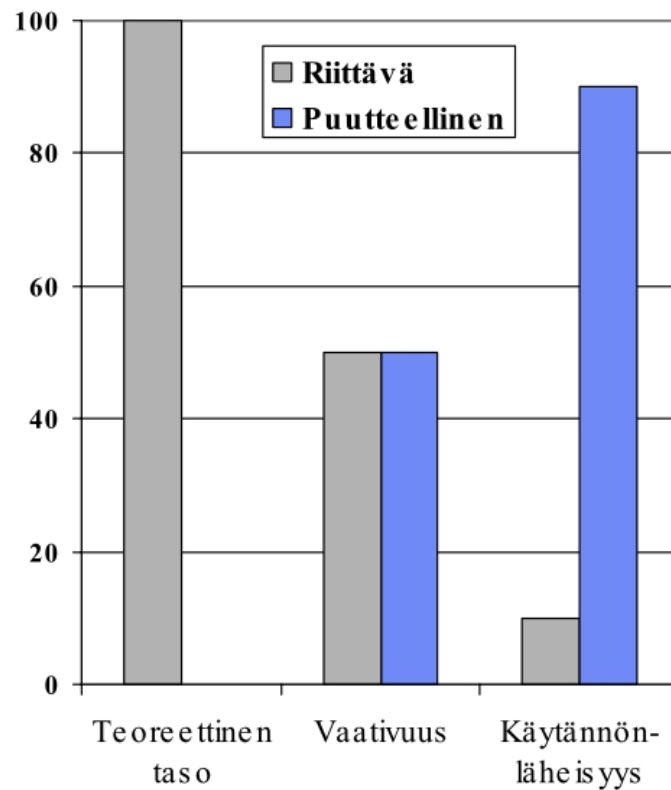
## 5.2 Kohteen ongelmat

### 5.2.1 Käytännönläheisten kurssien puuttuminen

Tuotantotekniikan opetus perustuu pitkälti perinteisiin massaluentoihin ja harjoitustöihin. Kursseilla käsitellään laajasti teoriaa, mutta käytännön puoli jää yleensä vähälle. Kurssilla ei juurikaan rakenneta tai valmisteta mitään, joten harjoitustöissä päästään yleensä vain mallinnuksen tasolle. Toisaalta käytännönläheisten kurssien harjoitustyöt perustuvat yleensä valmiiseen tehtävänantoon, joten laitoksella ei ole kurssia, joka yhdistäisi tuotekehityksen ja valmistamiseen liittyvät näkökulmat.

Käytännön kurssit ovat saaneet paljon suosiota opiskelijoiden keskuudessa ja alumnipalautteen mukaan esimerkiksi NC -koneiden ohjelmointi on koettu varsin hyödylliseksi. Toisaalta käytännön kurssit mahdollistavat aktiivisen ja kokemusperäisen oppimisen. Käytännönläheisyyden puutteellisuus opetuksessa on nähty ongelmaksi jo vuosia sitten alumnikyselyiden perusteella (*Kuva 5.4*), mutta asian suhteen ei ole tapahtunut huomattavaa parannusta.

## Opetuksen antamat valmiudet



**Kuva 5.4.** Alumnikysely vuosilta 1998-2005 (Mukaillen Andersson 2005).

### 5.2.2 Tilojen puute

Tuotantotekniikan laitoksella ei ole tällä hetkellä erikseen opiskelijoille tarkoitettuja työstötiloja. Laitoksella on raskas laboratorio, jossa on työstökoneita, mutta koneet ovat pääasiassa henkilökunnan ja jatko-opiskelijoiden käytössä.

Ryhmätyöskentelytiloja opiskelijoiden käyttöön laitoksella ei erikseen ole. Tällä hetkellä opiskelijat tekevät ryhmätyöt killoissa, kahviloissa ja koulun käytävien sohvien ääressä (Kuva 5.5). Laitoksella on myös oma tietokoneluokka, jonka käyttöaste on hyvin korkea, joten opiskelijat hyödyntävät harjoitustöissään mahdollisuuksien mukaan koulun muita tietokoneluokkia.





**Kuva 5.5.** Kuvia TTY:n konetalon käytäviltä. Varsinaisten ryhmätyötilojen puuttuessa, opiskelijat tekevät ryhmätöitä käytävillä ja kahvilassa.

### 5.3 Rajaavat tekijät

CDIO on tarkoitettu muokattavaksi yliopiston ja sidosryhmien tarpeiden mukaiseksi. Näin ollen CDIO -viitekehystä muokkaavia tekijöitä ovat yliopiston ja TTE:n strategiat ja laatu järjestelmät, mutta myös yhtäläillä teollisuuden tarpeet. Myöskään ei sovi unohtaa Suomen lakia, jossa on annettu määräyksiä liittyen yliopiston toimintaan ja opetukseen.

Koska tässä tapauksessa CDIO -viitekehystä sovelletaan vain yhden laitoksen käyttöön, on syytä huomioida myös opiskelijoiden peruslähtökohdat. Muualla CDIO on otettu kerralla käyttöön vähintään koko koulutusohjelman laajuudessa, yleensä vielä laajemmin, esimerkiksi koko yliopiston laajuisena. Lisäksi CDIO -esittelykurssi on yleensä järjestetty ensimmäisenä vuonna. Tässä tapauksessa kurssi järjestetään kolmannen vuoden opiskelijoille, joilla on jo huomattavan laaja tietämys joistain teknisistä asioista. Näin ollen on syytä huomioida opiskelijoiden perustietämys, mutta myös päällekkäisyydet muiden laitosten kurssien ja koulutusohjelmalle pakollisten kurssien kanssa.

## 5.4 Työn tavoitteet

Laitos esitti työn alussa kaksi tavoitetta sen sisällölle:

- Kartoittaa tuotantotekniikan laitoksen nykytila suhteessa CDIO –viitekehykseen, ja esittää parannusehdotuksia, jotta siirtyminen CDIO –viitekehyksen mukaiseen opetukseen olisi mahdollista, ja
- Saada aikaan ehdotus CDIO –viitekehykseen kuuluvasta tekniikan johdanto-kurssista.

Hyvin pian kävi kuitenkin selväksi, että uutta kurssia suunniteltaessa olisi hyvä olla tietämystä muiden yliopistojen samankaltaisista kursseista. Näin ollen tässä työssä päädyttiin käyttämään yhtenä tutkimusmenetelmänä benchmarkkausta, jolloin työlle muodostui kaksi uutta tavoitetta. Työn toissijaisina tavoitteina on:

- Selvittää CDIO –viitekehyksen käyttöä muissa yliopistoissa, varsinkin projektikurssien osalta, ja
- Selvittää millaisia tiloja ja työkoneita CDIO –projektikursseilla käytetään.

Koska valmis diplomityö käsittelee suhteellisen uutta asiaa, josta ei vielä ole olemassa montaa suomenkielistä julkaisua, voidaan eräänlaiseksi tavoitteeksi myös asettaa viitekehyksen esitleminen lukijalle. Toisaalta, uuteen kurssiin liittyen on perusteltua esitellä CDIO -mallin keskeisiä opetusmenetelmiä. Näin ollen myös työn teoriaosuudelle voitiin asettaa seuraavat tavoitteet:

- Esitellä työn lukijalle CDIO -viitekehystä ja sen käyttöönottamista, ja
- Esitellä työn lukijalle aktiivisia ja kokemuseräisiä oppimismenetelmiä.

## 6 TEORIAA TUTKIMUSMENETELMISTÄ

### 6.1 Benchmarkkaus

#### 6.1.1 Benchmarkkauksen määritelmä ja tarkoitus

Englanninkielen sana benchmark viittaa kiveen piirrettyyn merkkiin tai piirteeseen, jota voidaan käyttää apuna paikanmäärittämisessä (Collins 2005, s.143). Samaan tapaan benchmarkkauksessa on kyse siitä, että etsitään tunnettu, hyvin toimiva käytäntö ja verrataan omaa toimintaa siihen: esimerkiksi Vonderembse & Whiten (1996) mukaan benchmarkkaus on prosessi, jossa yritys vertaa suorituskäytäntöään ja toimintatapojaan alan parhaaseen (Vonderembse & White 1996, s. 815). Palfreymannin (1999) mukaan benchmarkkauksen tulee lisäksi tuottaa tietoa, jonka pohjalta omaa toimintaa voidaan kehittää paremmaksi. Karjalaisen mukaan Benchmarkkauksessa on myös olennaista se, että siihen osallistuvat tahot toimivat omasta tahdostaan. (Karjalainen 2002, s. 10)

Benchmarkkauksen tarkoituksena on siis yleensä saada selville joko oma taso suhteessa johonkin tunnettuun tahoon. Ulrich & Eppingerin (2002) mukaan benchmarkkaus on kuitenkin tärkeää myös siksi, että voitaisiin asemoitua oikein markkinoille. Benchmarkkaus saattaa myös tuottaa paljon ideoita tuotteesta ja prosessista. (Ulrich & Eppinger 2000, s. 20)

Yritysmailmassa benchmarkkauksen vertailukohtana on yleensä toinen yritys, mutta Karjalaisen (2002) mukaan benchmarkkauksen vertailukohtana voidaan käyttää myös kansallisia laatustandardeja tai muita laatuluokitoksia. Ulkopuolinen vertailukohta ei kuitenkaan ole välttämätön, vaan benchmarkkaus voi tapahtua myös sisäisesti, esimerkiksi yrityksen osastojen välillä. (Karjalainen 2002, s. 5-9)

#### 6.1.2 Benchmarkkauksen toteuttaminen

Benchmarkkaus-arvioinnissa on Karjalaisen (2002) mukaan aina edustus viidestä eri kategoriasta: arvioiva taho, arvioitava taho, arvioinnin kohde (toimijan tuotos), arvioinnin intressi (miksi ja miten arviointia tehdään) ja arvioinnin välineet (toimenpiteet, työkalut ja säännöt). Arvioiva taho voi olla organisaatio, tai sen osa, samoin kuin arvioitavakin. Arvion kohteella puolestaan tarkoitetaan kehittymisen ja menestyksen kannalta keskeistä prosessia, tai muuta tärkeää tekijää. Benchmarkkauksen intressillä viitataan tarkoitukseen, joka voi tilanteesta riippuen vaihdella itsekkäistä tarkoituksista molempia hyödyttävään yhteistyöhön. Yleensä tarkoituksena on kuitenkin oman tason selvittämi-

nen ja toiminnan parantaminen. Välineillä tarkoitetaan benchmarkkauksessa käytettäviä työkaluja, toimenpiteitä ja säännöstöjä. (Karjalainen 2002, s. 9-10)

Karlöf & Ostblomin mukaan myös varsinainen benchmarkkausprosessi koostuu viidestä vaiheesta, joita ovat: benchmarkkaus-kohteen valinta, benchmarkkaus-kumppanien valinta, tiedonkeruu, analyysi, ja toteuttaminen (Karlöf & Ostblom 1993, s. 92-94; katso *Kuva 6.1*).



**Kuva 6.1.** *Benchmarkkausprosessi (Mukaillen Karlöf & Ostblom 1993, s. 93).*

Kohteen valinta on Damelion (1995) mukaan monimutkainen prosessi, joka vaatii syvällistä perehtymistä aiheeseen: arvioijan täytyy tietää mitä työvaihetta tarkastellaan, mutta myös löytää benchmarkkauksen kannalta olennaiset mitattavat suureet ja valita oikea näkökulma. Jotta oikeat suureet voidaan valita, täytyy perehtyä muihin samankaltaisiin prosesseihin: arvioijan täytyy omata tietämys siitä, mitkä tekijät yleensäkin tekevät prosesseista tehokkaita. (Damelio 1995, s. 8) Karlöf & Östblomin (1993) mukaan kohteeksi voidaan valita kaikki organisaation käyttäytymisen ja suorituksen näkökohdat, kuten esimerkiksi tavarat, palvelut, prosessit, järjestelmät ja asiakkaan kokema arvo.

Benchmarkkaus-kumppanin valinnassa valitaan sisäinen tai ulkoinen vertailukohta ja etsitään sieltä arviointiin parhaiten sopiva alempi taho, esimerkiksi paras osasto ja luodaan yhteydet kyseiseen tahoon (Karlöf & Ostblom 1993, s. 122; Damelio 1995, s.8). Kohdetta valittaessa pitää olla realistinen; alan paras yritys ei välttämättä suostu paljastamaan parhaita käytäntöjään pahimmalle kilpailijalleen (Karjalainen 2002, s. 11). Kompromissit ovatkin yleisiä benchmarkkaus -kumppania valittaessa. Tärkeää on kuitenkin se, että benchmarkkaus-kumppanin toiminta on alansa kärkeä ja toimintaa voidaan mahdollisimman hyvin verrata omaan toimintaan. (Karlöf & Ostblom 1993, s. 93 & 122-134)

Tiedonkeruuvaiheessa tietoa haalitaan haastatteluilla, lomakkeilla ja vierailuilla. Tiedonkeruusta saatavan tiedon laatu ja määrä vaihtelee kohteesta riippuen; joissain tapauksissa tieto voi koostua suurista järjestelmän tietokannoista, kun taas toisissa tilanteissa tieto voi olla peräisin muutamalta asiantuntevalta työntekijältä. Tiedonkeruuvaihe koostuu mahdollisen kyselylomakkeen laatimisesta, omaan toimintaan liittyvän tiedonkeruusta, benchmarkkaus -kumppaniin liittyvän tiedon keruusta (sekä heiltä, että muilta), dokumentoinnista, ja tiedon oikeellisuuden varmistamisesta. (Karlöf & Ostblom s.138-140)

Analyysivaiheessa saatu tieto kootaan yhteen ja virheelliset tiedot yritetään löytää ja karsia pois. Lopullisista tiedoista laaditaan raportti. (Karlöf & Ostblom 1993, s. 160-183)



Toteutusvaiheessa tutkimustulokset välitetään asianomaisille. Samalla esitetään myös kehityssuunnitelma, jonka pohjalta suoritetaan tarvittavat parannukset omaan prosessiin. (Karlöf & Ostblom 1993, s. 184-191)

## 6.2 Kirjallisuustutkimukset

Kirjallisuustutkimuksella tarkoitetaan toimintaa, jossa halutaan selvittää, mitä muut ovat kirjoittaneet ja julkaisseet mielenkiinnon kohteena olevasta aiheesta. Kirjallisuustutkimuksen ideana on etsiä ja löytää tietoa ja esittää se. Olennaista on tietää mitä etsitään, miksi ja kenelle. Kirjallisuustutkimuksen piiriin kuuluvat paperijulkaisujen lisäksi myös sähköisessä muodossa olevat dokumentit ja tietokannat. (Kirjallisuustyöohje 2006, s. 2-4)

Kirjallisuustutkimukselta odotettava luotettavuus ja laajuus määräytyvät käyttötarkoituksen mukaan. Kirjallisuustutkimus voidaan tehdä esimerkiksi taustaselvitykseksi, esiselvitykseksi tai pelkästään opinnäytetyöksi. Tutkimuksen sisällöllinen laajuus riippuu tekijän hankkimasta ja esittämästä tiedosta, ei sivumäärästä. Jos sisällön luotettavuus on suuri, voi lukija olla varma siitä, että työ sisältää kaiken olennaisen. (Kirjallisuustyöohje 2006, s. 2-4)

Kirjallisuustutkimus on aina tekijänsä kannanotto. Valitsemalla tiettyjä lähteitä, tekijä vaikuttaa olennaisesti kokonaisuudessa esitettäviin näkökulmiin ja luettavuuteen. Kriittisyys on olennainen osa kirjallisuustutkimusta: tutkimuksen tekijän tulee karsia tarjolla olevasta aineistosta pois epäolennainen ja perustella jäljelle jäävän materiaalin olennaisuus. (Kirjallisuustyöohje 2006, s. 2-4)

Lukijakunnasta riippuu, kuinka asioita käsitellään, ja millaista sisältöä otetaan mukaan. Käsiteltäessä monimutkaisia teknisiä asioita, on yksinkertainen asiatyyli usein toimivin valinta, sillä liian monimutkainen kirjoitustyyli saattaa hankaloittaa muutenkin vaikean asian ymmärtämistä. (Kirjallisuustyöohje 2006, s. 2-4)

Kirjallisuustutkimus perustuu yleensä avainsanoilla tehtyihin hakuihin, joten kirjallisuustutkimuksen alkuvaiheessa tutkimuksen tekijällä olisi hyvä olla hallussaan alan perusteos tai sanasto, josta avainsanoja voi löytää. (Kirjallisuustyöohje 2006, s. 2-4)

## 6.3 Haastattelututkimukset

### 6.3.1 Yleistä haastatteluista

Sanakirjan mukaan haastattelulla tarkoitetaan ihmisten välistä keskustelua, ihmiselle suoritettua kyselyä, tai muodollista keskustelua (Collins 2005, s. 824). Yleisesti voitaneen kuitenkin olettaa, että haastattelun tarkoituksena on saada tietoa haastateltavalta. Denzinin ja Lincolnin mukaan yleisin haastattelumalli on kahden ihmisen välinen paikan päällä tapahtuva keskustelu, mutta haastattelu voidaan suorittaa myös ryhmässä, kirjeitse, kyselynä tai puhelinkeskusteluna. Haastattelulla voi olla selkeä rakenne, puollittainen rakenne tai ei rakennetta ollenkaan. Haastattelun pituus voi vaihdella 5 minuut-

tin ja useita päiviä kestävien tapaamissarjojen välillä. (Denzin & Lincoln 2003, s. 61-62)

Haastatteluja käytetään muun muassa markkinatutkimuksiin, poliittisiin tutkimuksiin, mielentilatutkimuksiin ja tieteellisiin tutkimuksiin. Haastattelut voivat mitata määrää tai laatua. (Denzin & Lincoln 2003, s. 61-62)

### 6.3.2 Laadukkaan haastattelun määritelmä

Kvale (1997, s. 145) asettaa haastattelulle laatukriteerit, joita ovat:

- Spontaanit, laajat, tarkat ja oleelliset vastaukset
- Lyhyet kysymykset ja pitkät vastaukset
- Haastattelijan selkeyttävät kysymykset
- Haastattelun tulkinta haastattelun aikana
- Haastattelijan varmistavat kysymykset
- Haastattelun muodostuminen selkeäksi toimivaksi kokonaisuudeksi, jonka tulkintaan ei tarvita ulkopuolista apua

Haastatteluiden tuloksia joudutaan kuitenkin analysoimaan jälkikäteen, koska saadut tulokset eivät yleensä ole objektiivisia, vaan kahden tai useamman henkilön kommunikoidessa keskenään pyrkivät haastattelija ja haastateltavat johdattelemaan tietoisesti tai tiedostamattaan toisiaan, ja vaikuttamaan toistensa näkökantoihin ja mielipiteisiin. (Muokailleen Denzin & Lincoln 2003, s. 62)

### 6.3.3 Haastattelututkimuksen seitsemän vaihetta

Kvale esittää teoksessaan (1997) seitsemänportaisen haastattelun vaiheet. Ensimmäisessä vaiheessa haastattelulle muodostetaan tarkoitus. Tarkoituksena on perustella *miksi* tehdään ja *mitä* tehdään ennen kuin mietitään *kuinka* haastattelu toteutetaan. Toisessa vaiheessa suunnitellaan mitä haastattelusta halutaan oppia; mikä on keskeinen tieto, jota yritetään saada selville, ja kuinka haastattelu voidaan toteuttaa moraalisesti oikealla tavalla. Kolmannessa vaiheessa toteutetaan haastattelu. Neljännessä vaiheessa valmis haastattelu muotoillaan tulkittavaan muotoon, yleensä puhe kirjoitetaan tekstiksi. Viidennessä vaiheessa valitaan tilanteeseen sopiva analysointimalli ja haastattelun tarkoitukseen pohjautuen etsitään sisällöstä tiettyjä asioita. Kuudennessa vaiheessa varmistetaan saatujen tietojen yleispätevyys, uskottavuus ja paikkansapitävyys. Tärkeää on keskittyä siihen, ovatko vastaukset yhtenäisiä vai ristiriitaisia ja onko tutkimuksessa saatu selville se asia, jota haluttiin tutkia. Viimeisessä, eli seitsemännessä vaiheessa tulokset raportoidaan tieteellisesti oikeaoppisesti, huomioiden eettiset näkökulmat ja muodostetaan luettava tuote. (Kvale, 1997, s. 88)

### 6.3.4 Lomakehaastattelut (kyselytutkimukset)

Kvalen (1997) mukaan Lomakekysely on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun kyselyissä on laaja otanta, eikä kaikkia kyselyyn osallistujia voida haastatella henkilökohtaisesti. Lomakekyselyiden käyttöä kannattaa harkita myös silloin, jos projektilla on vain hyvin rajallisesti aikaa kyselyiden toteuttamiseen. Lomakekyselyt eivät kuitenkaan sovi tutkimuksiin, joissa yritetään selvittää ihmisten käyttäytymistä. (Kvale 1997, s. 104)

Lomakehaastattelujen ongelmia ovat alhaiset vastausprosentit. Jobber (1995) on tutkinut erilaisten kannustimien ja muiden taktiikoiden merkitystä kyselytutkimusten vastausprosenttiin. Tulokset on esitetty *Taulukko 6.1*. Kuvasta voidaan havaita, että kyselystä etukäteen tiedottaminen, palkinnot ja lomakkeen yksinkertaisuus nostavat vastausprosenttia, mutta esimerkiksi lomakkeen värimaailmalla tai määräajalla ei ole merkitystä vastausten määrään. (Jobber 1995, s. 177)

**Taulukko 6.1.** Kyselyissä käytettyjen taktiikoiden vaikutus vastausprosenttiin (Mukailen Jobber 1995, s. 177).

Taktiikka	Vaikutus vastausprosenttiin
Kyselystä ilmoitetaan etukäteen postitse	Yksityishenkilöiden vastaaminen lisääntyy, liikeyritysten ei
Kyselystä ilmoitetaan etukäteen puhelimitse	Vastausprosentti nousee
Raha- tai muu palkinto	Vastausprosentti nousee
Maksettu vastauskuori on mukana	Vastausprosentti nousee
Henkilökohtaisesti muotoiltu kirje	Tulos vaihtelee
Värikäs lomake	Ei vaikutusta
Määräaika	Ei vaikutusta
Lomakkeen pituutta rajoitetaan	Vähäinen vaikutus
Saa vastata nimettömänä	Jos aihe on ujostuttava, vastausprosentti nousee
Kysymysten muoto	Rasti ruutuun -kysymykset tuottavat enemmän vastauksia kuin avoimet kysymykset
Karhuaminen	Sekä puhelin- että kirjekarhunta nostaa vastausprosenttia

## 7 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

### 7.1 Benchmarkkaus Chalmersissa

#### 7.1.1 Yleistä

Tätä työtä varten suoritettiin Benchmarkkausta Chalmersin teknillisessä yliopistossa, Göteborgissa. Benchmarkaus -matka tapahtui 4.-5.3.2010. Kaksipäiväinen benchmarkkaus käsitti yliopiston tilojen esittelyn, erilaisia presentaatioita, sekä joukon avoimia haastatteluja. Benchmarkkauksen tavoitteena oli selvittää muun muassa:

- Chalmersin työtilojen kokoa ja tyyppiä
- CDIO -viitekehystä hyödyntävien koulutusohjelmien rakennetta ja niihin tehtyjä muutoksia
- CDIO -kurssien rakennetta ja käytännön toteutusta
- CDIO -viitekehysten käyttöönoton yhteydessä vastaanulleita ongelmia, sekä
- Kurssien vaatimia resursseja.

Konetekniikan koulutusohjelmasta kertoi dosentti Mikael Enelund, ensimmäisestä projektikurssista tohtori Göran Gustafsson, toisesta projektikurssista tohtori Magnus Evertsson, kolmannesta projektikurssista tohtori Hans Johannesson, protolaboratoriosta tutkimusinsinööri Jan Bragée ja yleisistä CDIO –asioista tohtori Johan Malmqvist. Varsinkin Johan Malmqvistin haastattelun odotettiin antavan vastauksia moneen CDIO -viitekehykseen liittyvään ongelmaan, joista osa liittyi puhtaasti termien kääntämisestä aiheutuviin ongelmiin ja osa käytännön tasolla havaittuihin ongelmiin.

#### 7.1.2 CDIO -viitekehysten käyttö yliopistossa

Chalmersissa CDIO -viitekehystä käytetään täysipainoisesti konetekniikan koulutusohjelmassa ja osittain muun muassa materiaalitekniikan ja tietotekniikan koulutusohjelmissa. CDIO -viitekehysten käyttö näkyy yliopistossa esimerkiksi työskentelytilojen määrässä ja laadussa, opetussuunnitelmassa sekä opetusmenetelmissä Käytännöntoteutusta sisältäviä projektikursseja on paljon, ja kurssit sitoutuvat opetussisällöllisesti toisiinsa esimerkiksi harjoitustöiden kautta. (Mukaillen Malmqvist 2010)

### 7.1.3 Protolaboratorio

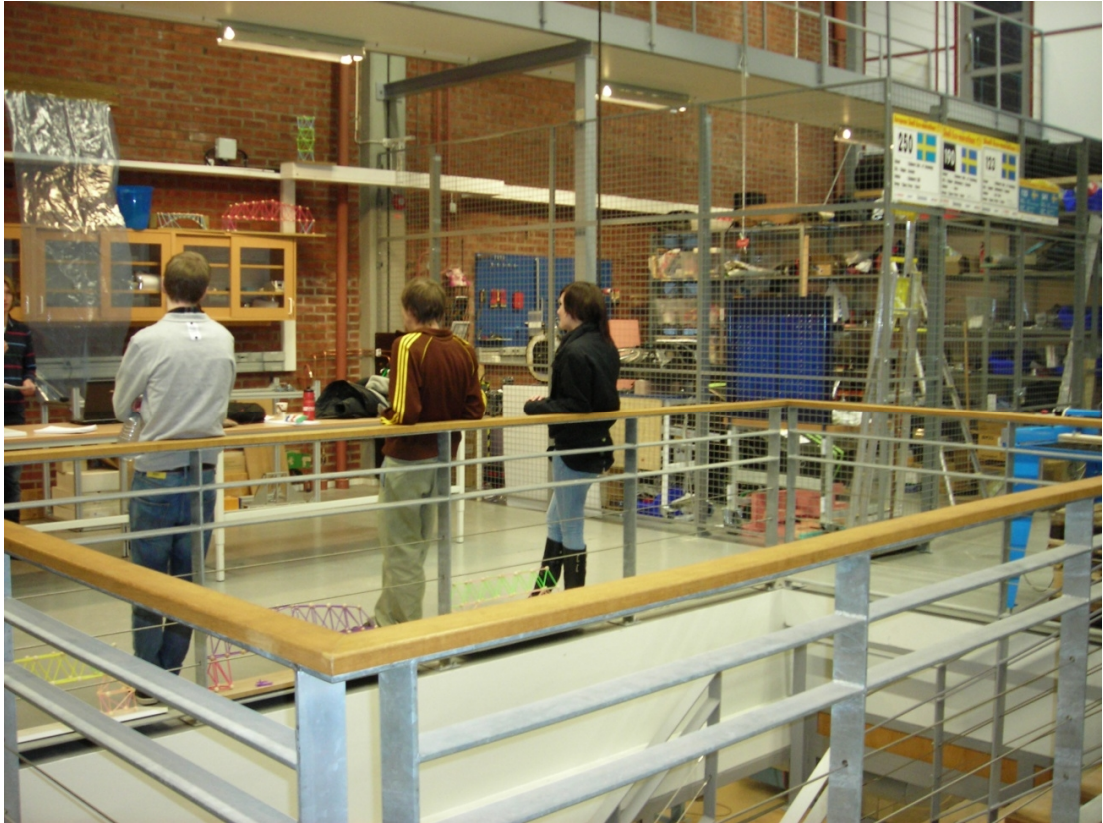
Chalmersissa on konetekniikan osaston omistamat, noin 450 neliömetrin kokoiset työstökone- ja työskentelytilat, jotka ovat vain opiskelijoiden käytössä. Tiloista käytetään nimitystä "prototype laboratory" ja "workshop". Laboratoriossa ja työpajoissa opiskelijat toteuttavat kouluun liittyviä projektitöitä. Toimistoaikojen ulkopuolella heillä on mahdollisuus käyttää tiloja myös henkilökohtaisiin projekteihinsa. Tilat sijaitsevat kahdessa kerroksessa. Tiloista tärkeimmät ovat metalli- (Kuva 7.3) ja puutyöpajat (Kuva 7.4). Huoneita on lisäksi mekatronisiin töihin, kokoonpanoon, CNC -töihin, hitsaamiseen, töiden esittelyyn ja materiaalien varastointiin. Metall- ja puutyöpajat sisältävät monipuolisesti työkoneita projektien tarpeisiin. Osa työkoneista on saatu yrityksiltä lahjoituksena käytettyinä, osa on ostettu itse. Käytettyjä koneita on huollettu alussa käyttökelpoisiksi. (Mukaillen Bragée 2010)

CNC -tiloissa (Kuva 7.1) on kaksi CNC -koneetta. Laitoksella on myös rapid prototyping -kone, mutta se sijaitsee muissa tiloissa, eikä sitä juurikaan käytetä projektikursseilla. Toisessa kerroksessa on myös tilat töiden esittelyä varten (Kuva 7.2). (Mukaillen Bragée 2010)



*Kuva 7.1. CNC-tilat Chalmersin protolaboratoriossa.*





*Kuva 7.2. Tila töiden esittelyä varten Chalmersin protolaboratoriossa.*



*Kuva 7.3. Metallityöpaja Chalmersin protolaboratoriossa.*



**Kuva 7.4.** Puutyöpaja Chalmersin protolaboratoriossa.

Jotta opiskelija saa olla työstökonetiloissa ja käyttää työkoneita, on hänen käytävä neljän tunnin pituinen työturvallisuus-kurssi. Kurssilla opetetaan työturvallisuutta ja perustyökalujen ja -koneiden käyttämistä. Laboratorio työllistää kolme ihmistä kokopäiväisesti. Nämä henkilöt ovat tiloissa toimistoaikoina auttamassa ja opastamassa opiskelijoita. Opiskelijoiden on myös mahdollista suorittaa työkoneiden ”ajokortti”. Tällä he todistavat osaavansa käyttää koneita tarpeeksi hyvin voidakseen työskennellä niillä itsenäisesti. ”Ajokortin” suorittaneet opiskelijat voivat tehdä tiloissa omia töitään toimistoaikojen jälkeen, aina kello kymmeneen saakka, jolloin tilat menevät kiinni. Tänä aikana paikalla ei ole muuta henkilökuntaa. (Mukaillen Bragée 2010)

Konetekniikan osasto saa suuren projektikursseilla tarvittavasta metallimateriaalista (Kuva 7.5) yritysten poistometallista. Monet opiskelijoiden valmistamista prototyypeistä puretaan kurssin päätyttyä ja suuri osa materiaalista käytetään uudelleen. Tarvittaessa erikoisempia rakennusmateriaaleja, voi projektiryhmä hankkia niitä budjettinsa sallimissa rajoissa. (Mukaillen Bragée 2010)





*Kuva 7.5. Materiaalivarasto Chalmersin protolaboratoriossa.*

#### **7.1.4 Muut tilat**

Chalmersin opiskelijat ovat uudelleenrakentaneet ja -kalustaneet opiskeluaulan (*Kuva 7.6*) ja opiskelijakahvila "Bultenin", jotka on suunniteltu yhteistyössä konetekniikan johdon kanssa. Opiskeluaula on rakennettu ja kalustettu tarjoamaan opiskelijoille luovan ja kannustavan ympäristön opiskelua ja sosiaalisia aktiviteetteja varten. Aula on erittäin arvostettu oppilaiden keskuudessa ja onkin usein käytössä varhaisesta aamusta aina iltamyöhään. Lisäksi Chalmersissa on paljon ryhmähuoneita, jotka soveltuvat hyvin projektitöihin ja ryhmätyöskentelyyn. (Mukaillen Enelund 2010)





***Kuva 7.6.*** *Opiskeluauula Chalmersissa.*

Kampuksella sijaitsee myös yliopiston kirjasto, jonne on rakennettu ryhmätyöskentelyä ja itsenäistä opiskelua tukevia tiloja (*Kuva 7.8*). Lisäksi konetekniikan osaston tiloissa on opiskelijoille tarkoitettu keittiö (*Kuva 7.7*), jossa voi itse valmistaa ruokaa. (Mukaillen Enelund 2010)



*Kuva 7.7. Opiskelijoiden oma ruokala Chalmersissa.*



*Kuva 7.8. Opiskelutila Chalmersin kirjastossa.*

### 7.1.5 Ensimmäinen projektikurssi

Chalmersissa ensimmäisen vuoden CDIO –projektikurssi (Introduction to Mechanical Engineering) alkaa toisena opiskelupäivänä. Kurssin tarkoituksena on muun muassa motivoida opiskelijoita perusaineiden ja erilaisten insinöörityökalujen käyttöön, esitellä erilaisia aiheita, antaa opiskelijoille itseluottamusta työkalujen ja teorioiden hyödyntämisestä, sekä opettaa kommunikointia ja ryhmätyöskentelyä. Kurssilla opetetaan myös löytämään ongelman riippumaton ratkaisu; esimerkiksi "veden poistaminen tuulilasista" on riippuvainen ratkaisusta, kun taas "näkyvyyden varmistaminen sateessa" on riippumaton ratkaisusta. (Mukaillen Gustafsson 2010)

Kurssin kesto on kokonaisuudessaan noin 200 tuntia, joka pitää sisällään luentoja, harjoituksia ja harjoitustöitä. Luennoilla opetetaan muun muassa suunnitteluprosessia, tiedon etsimistä, luonnosten laatimista, materiaalioppia, kestäväää kehitystä ja kommunikointia. Osa luennoitsijoista on eri alojen ammattilaisia - ryhmätoiminnasta luennoi psykologi ja luonnostelusta teollinen muotoilija. Opiskelijoita kurssilla on noin 160. (Mukaillen Gustafsson 2010)

Koska opiskelijoilla ei vielä ensimmäisinä opiskelupäivinä ole turvallisuuskoulutusta työkonien käyttöön, on kurssin alkuvaiheen rakentaminen toteutettu pääasiassa askartelumateriaalien, kuten pahvin ja liiman avulla. Toisaalta pahvin kanssa työskenteleyn kannustetaan myöhemmässäkin vaiheessa, sillä pahviprototyypit ovat varsin edullisia, ja niillä on helppo havaita suunnittelussa tapahtuneita virheitä. Eräs kurssin päätaivoitteista onkin lean -tuotekehitysmallin opettaminen. (Mukaillen Gustafsson 2010)

Kurssin loppuvaiheessa, kun opiskelijoilla on tarvittava turvallisuuskoulutus, pääsevät he rakentamaan toimivan version suunnittelemaastaan tuotteesta. Rakentamista varten jokaiselle ryhmälle on varattu yhteensä 12 tuntia aikaa työstökoneilla varustetusta tilasta. (Mukaillen Gustafsson 2010)

### 7.1.6 Toinen projektikurssi

Toisen vuoden CDIO -projektikurssi (Integrerad konstruktion och tillverkning ) pohjautuu pitkälti The Value Model (Lindstedt & Burenius, 2003) -kirjaan. Kurssin tarkoituksena on laajentaa opiskelijoiden käsitystä tuotekehityksestä siten, että suunnittelussa otettaisiin huomioon sidosryhmien, asiakkaan ja oman ryhmän tarpeet. Kurssilla ei käsitellä syvällisesti taloudellisia laskentamalleja, eikä ongelmanratkaisumenetelmiä, vaan painotus on enemmänkin tuotekehitysprosessin rakenteessa ja vaiheistuksessa, sekä kommunikoinnissa. Lisäksi tärkeässä osassa kurssilla ovat ryhmätyöskentely ja asioiden esittäminen eri sidosryhmille. (Mukaillen Evertsson 2010)

Kurssi koostuu luennoista, lyhyistä viikkokokeista ja projektityöstä. Luennot pohjautuvat kurssikirjan tärkeimpiin kohtiin. Harjoitustyön alkuvaiheessa jokainen viiden opiskelijan ryhmä saa kaavakkeen, jossa on listattu työn eri vaiheet, jotka muodostavat kurssin arvosanan. Kurssin arvostelu on toteutettu jatkuvana pisteytyksellä, joka perustuu tavoitteiden saavuttamiseen. Ryhmien etenemistä seurataan viikkoraporteista, joita

ryhmät palauttavat säännöllisesti. Lyhyet viikkokokeet koostuvat monivalintakysymyksistä ja ovat kestoltaan noin viisi minuuttia. Viikkokokeilla pyritään siihen, että opiskelija lukee omalla ajallaan kurssikirjallisuutta. (Mukaillen Evertsson 2010)

Projektitöissä toteutetaan teollisuudelta tulevaan ongelmaan perustuva tuotekehitysprojekti alusta prototyyppiin asti. Projektin alkuvaiheessa on mukana teollisuuden edustajia arvioimassa tuotteen asiakaslähtöisyyttä. Tuotteesta tehdään myös yksinkertaiset valmistuskustannus- ja elinkaarilaskelmat.

Projektin sisältöä esitellään kahteen otteeseen. Ensimmäinen esitys pidetään neljälle muulle ryhmälle ja se videoidaan. Kieliopin opettajat analysoivat esityksen ja antavat siitä palautetta. Esitys ei kuitenkaan vaikuta kurssiarvosanaan, vaan sitä pidetään oppimistilaisuutena. Jälkimmäisen esityksen sisältöä on arvioimassa myös teollisuuden edustajia (Mukaillen Evertsson 2010)

Jokaisella ryhmällä on johtaja, joka vaihtuu neljän viikon välein. Näin ollen jokainen ryhmän jäsen johtaa ryhmää jossain vaiheessa kurssia. Ryhmällä on lisäksi valvoja, joka neuvoo ryhmäläisiä ongelmatilanteissa ja seuraa ryhmän toimintaa. Valvoja kommunikoi ryhmälle pääasiassa ryhmän johtajan välityksellä. Jokaisella valvojalla on kuusi ryhmää, eli yhteensä 30 opiskelijaa. (Mukaillen Evertsson 2010)

### **7.1.7 Kolmas projektikurssi**

Koko lukuvuoden pituinen, kolmas CDIO -kurssi (Product Development Project) on tärkein tuotekehityksen Master -vaiheen kurseista. Kirjana kurssilla käytetään pääasiassa Ulrich & Eppingerin Product Design and Developmentia. Samaan aikaan projektikurssin kanssa alkaa Product Planning and Market Analysis -kurssi, jossa tehdään muun muassa markkina-analyysi projektikurssille. Aiheet projekteihin tulevat teollisuudelta. (Mukaillen Johannesson 2010)

Opiskelijoita kurssilla on yhteensä noin 70, joista muodostetaan 6-7 henkilön ryhmiä. Ryhmät pyritään muodostamaan mahdollisimman heterogeenisiksi, eli oppilaat jaetaan ryhmiin sekoittamalla eri koulutusohjelmien opiskelijoita. Tasa-arvon vuoksi sukupuolten välille ei tehdä eroa. Jokaisella ryhmällä on oma henkilökohtainen valvoja ja teollisuuden yhteyshenkilö, joka antaa konsultointia tarvittaessa. Kuten muillakin projektikursseilla, tapaa jokainen ryhmä psykologin kurssin alussa ja tarvittaessa myöhemminkin, jos ryhmäkemia ei toimi. Kurssille on budjetoitu 60 000 SEK (noin 6000 euroa) jokaiselle ryhmälle. Rahat saa käyttää projektiin liittyen parhaalla katsomallaan tavalla, esimerkiksi materiaalien hankintaan, kirjallisuuteen, matkustamiseen, mittalaitteisiin sekä konferensseihin osallistumiseen. Puolet rahoituksesta tulee yhteistyöyritykseltä ja puolet yliopistolta. Kurssilla on yleistä, että projektin prototyyppi rakennetaan ainakin osittain yhteistyöyrityksen toimesta, koska se olisi liian vaikeaa rakentaa itse yliopiston tiloissa. (Mukaillen Johannesson 2010)

Kurssi koostuu luennoista, lyhyistä viikkokokeista ja projektityöstä. Helmikuussa kurssilla pidetään kaikkien opiskelijoiden kesken brainstorming -tilaisuus, jossa eri projektien ongelmia ratkotaan muiden ryhmien kesken. Kurssin lopuksi järjestetään näytte-

lytilaisuus, johon jokainen ryhmä rakentaa oman osastonsa. Osastolla on esillä ryhmän rakentama prototyyppi, jonka ominaisuuksia esitellään esimerkiksi julisteen muodossa. (Mukaiillen Johannesson 2010)

Kurssin arviointi perustuu jatkuvaan arviointiin, vertaisarviointeihin, prototyyppiin ja loppuraporttiin. Opiskelijoiden ryhmätyöskentelyä ja yksilöllistä työskentelyä arvioidaan jatkuvasti. Projektia arvioidaan käytettyjen tuotekehitysmetodien ja -työkalujen kannalta. Loppuraportissa arvioidaan muun muassa teknisyyttä, innovatiivisuutta ja alussa annettujen vaatimusten täyttämistä. (Mukaiillen Johannesson 2010)

Kurssin henkilökohtainen arvosana muodostuu seuraavasti:

- Arvosana  $G = P + I + T$  (= Hylätty/3/4/5), missä
- $P$  = Projektin kokonaisarvio (= Hylätty/3/4/5)
- $I$  = Projektin henkilökohtainen osuus (= -1/0/+1)
- $T$  = Viikkokokeiden kokonaisarvio (= -1/0/+1) (Mukaiillen Johannesson 2010)

Projektin parhaaseen arvosanaan vaaditaan jotain ”omaperäistä” tai ”yllättävää”. Esimerkiksi eräs parhaan arvosanan saanut ryhmä käytti budjettinsa laskentatoimen kurssiin, ja laati oppimillaan tiedoilla huomattavasti vaadittua kattavamman talouslaskelman projektistaan. (Mukaiillen Johannesson 2010)

*Liitteessä II* on kolmannen projektikurssin eräs tehtävänanto vuodelta 2008. Tehtävänä oli kehittää sähkökäyttöisestä Tugger™ –kulkuneuvosta modernimpi versio.

### 7.1.8 Chalmersissa havaittuja ongelmia CDIO -viitekehikseen siirryttäessä

#### Luennot

Kolmannen projektikurssin alkuaikoina kirjallisuuden opettaminen toteutettiin antamalla jokaiselle ryhmälle kirja, josta täytyi pitää 45 minuutin seminaari. Tämä tapa todettiin kuitenkin huonoksi, koska osa ryhmästä keskittyi pelkästään seminaarin valmisteleeseen ja osa prototyypin rakentamiseen. Nykyään kurssilla on luentoja, joista pidetään pieniä viikkokokeita. Tämä on todettu huomattavasti tehokkaammaksi tavaksi saada opiskelijat lukemaan kurssikirjallisuutta. (Mukaiillen Johannesson 2010)

#### Projektikurssit

Malmqvistin (2010) mukaan käytännönläheisempään opetustapaan siirtyminen aiheutti alkuun vastustusta varsinkin perinteisiä luonnontieteitä opettavien tahojen keskuudessa. Nähtiin, että yliopiston tulee keskittää voimavarojaan enemmän tutkimukseen ja teorian opettamiseen, eikä niinkään toteuttamiseen käytännössä. Lisäksi käytännönkurssit nähtiin kalliina tapana opettaa asioita. Vastarinta on kuitenkin vähentynyt ajan myötä, koska teollisuuden edustajat ovat pitäneet käytännönläheistä opetusmallia parempana. Vas-



taavasti teollisuuden sponsorointi on auttanut pitämään kurssien kulut siedettävänä. (Mukaillen Malmqvist 2010)

### **Opettajat**

Chalmersilla on huomattu, että käytännönkurssien opetushenkilökunnalta vaaditaan tietynlaisia persoonallisuuspiirteitä, joita kaikilta ihmisiltä ei löydy. Toisaalta myös kokemus teollisuudesta ja suhteet alan yrityksiin ovat merkittävässä asemassa käytännönläheisiä kursseja järjestettäessä. Tällaisia ihmisiä on kuitenkin yliopistomaailmassa hyvin vähän, joten yliopisto on varsin riippuvainen muutamasta työntekijästä, joiden poislähteminen saattaa vaikeuttaa kurssin toteuttamista. Vastaava tilanne vallitsee myös työstökoneiloissa, joissa toimivilta laboratorioinsinööreiltä vaaditaan "poliisimaista" tiukkuutta samalla kun heidän pitäisi opettaa opiskelijoille koneenkäyttöä ja toisaalta kannustaa erilaisten koneiden käyttämiseen ja omatoimisuuteen. Erääksi ratkaisuksi tähän he ovat harkinneet menestyneiden opiskelijoiden kouluttamista ja palkkaamista työtilojen valvojiksi. (Mukaillen Malmqvist 2010)

### **Työstökoneilojen käyttö ilman valvontaa**

Työstökoneiden kokopäiväinen käyttö on aiheuttanut epävarmuutta niiden toiminnassa. Eräänä syynä tähän on opiskelijoiden tahattomat koneiden väärinkäytöt silloin, kun valvoja ei ole paikalla. Tämä ei kuitenkaan ole muodostunut niin suureksi ongelmaksi, että iltakäyttö olisi täytynyt kieltää. (Mukaillen Bragée 2010)

Bragéen (2010) mukaan työstökoneiloissa ei satu juurikaan tapaturmia edes iltapäivään. Tapaturmien pieni lukumäärä selittyy opiskelijoiden turvallisuuskoulutuksella ja ”ajokortilla”, sekä tilojen rajallisella aukiololla (työtilat suljetaan kello 22.00).

## **7.1.9 Konetekniikan opetus Chalmersissa**

Konetekniikan koulutusohjelma on toiminut tiennäyttäjänä kehitettäessä insinöörikoulutusta Chalmersissa, ja kansainvälisestikin, CDIO -projektin myötä. Koulutusohjelma on kehittänyt ja toteuttanut CDIO –viitekehyksen mukaista opetusta 2000 –luvun alusta lähtien. Ohjelma on suurin ja suosituin konetekniikan koulutusohjelma Ruotsissa. (Mukaillen Enelund 2010)

Ensimmäinen opiskeluvuosi alkaa CDIO –johdantokurssilla (Introduction to Mechanical Engineering). Matlabin perusteet, FEM (Finite Element Method) ja teknillisen mekaniikan perusteet opetetaan myös ensimmäisenä vuonna (*Taulukko 7.1*). Tarkoituksena on antaa opiskelijoille valmiuksia tuleviin suunnittele – rakenna – testaa - projekteihin. (Mukaillen Enelund 2010)

*Taulukko 7.1. Konetekniikan ensimmäinen vuosi Chalmersissa.*

Year 1, Quarter 1	Quarter 2	Quarter 3	Quarter 4
Programming in Matlab 4,5 ECTS	Calculus in a single variable 7,5 ECTS	Linear algebra 7,5 ECTS	Calculus in several variables 7,5 ECTS
Introductory course in mathematics 7,5 ECTS	Thermodynamics 4,5 ECTS	Mechanics and strength of materials 1 7,5 ECTS	Mechanics and strength of materials 2 7,5 ECTS
Introduction to mechanical engineering 7,5 ECTS			

Kahden viimeisen opiskeluvuoden, eli diplomi-insinöörivaiheen kaikki kurssit luennoidaan konetekniikan osastolla englannin kielellä. Tämän vuoksi vaihto-opiskelijoille ei tarvitse järjestää erillisiä kursseja. Konetekniikan opiskelija voi valita 14 pääaineen väliltä (Taulukko 7.2), joista kahdeksan liittyy läheisesti kandidivaiheen ohjelmaan. (Mukaillen Enelund 2010)

*Taulukko 7.2. Konetekniikan pääaineet Chalmersissa.*

Master programs belonging to Mechanical engineering	Other Master programs approved by Mechanical engineering
Advanced engineering materials	Nuclear engineering
Applied mechanics	Engineering mathematics
Automotive engineering	Quality and operations management
Industrial economy	Sound and vibration
Production engineering	Supply chain management
Product development	System, control and mechatronics
Naval architecture	
Sustainable energy systems	

Chalmersin konetekniikan opetusohjelmaa on muutettu CDIO –viitekehikseen siirtymisen myötä radikaalisti. Kursseilla on yhteisiä harjoitustöitä, joissa hyödynnetään monen eri kurssin tietoja. Toisaalta joitain kursseja on poistunut osittain tai kokonaan, koska niiden asioiden on havaittu liittyvän läheisesti muihin kursseihin. Poistettujen kurssien asiasisältö on siirretty kursseille, joihin se liittyy.

Vastaavasti vastuu joidenkin CDIO -taitojen opettamisesta on siirretty kursseille, joihin sen ei perinteisesti ajateltaisi liittyvän; esimerkiksi kommunikaatiotaitoja opetetaan hajautetusti monella eri kurssilla, joista osa edustaa perinteisiä tieteitä. Uudelleenjärjestelyillä on myös saatu vähennettyä päällekkäisyyksiä opetuksessa - kun metalleista opetetaan esimerkiksi valmistustekniikan kurssilla, ei sitä tarvitse käsitellä (ainakaan entisessä laajuudessaan) materiaaliopin kurssilla. (Mukaillen Enelund 2010)

## 7.2 Laitoksen tavoitteiden ja nykytilan kartoittaminen

### 7.2.1 Laitoksen professoreille jaettu kysely

Laitoksen professoreille jaetun kyselyn (*Liite 9*) tarkoituksena oli selvittää, millaisen osaamisen tason laitos haluaa antaa opiskelijoilleen eri CDIO -taidoissa. Kysely jaettiin viidelle aktiivisesti opetuksessa mukana olevalle professorille.

Kyselyssä käytettiin Crawley et alin (2007) esittelemää menetelmää, jossa CDIO -opetussuunnitelman ja Bloomin taksonomian avulla muodostetaan matriisi. Tavoitteena oli saada selville Bloomin taksonomian mukainen osaamisen taso (esimerkiksi "ymmärtää", "luoda" ) CDIO- opetussuunnitelman kohdille (esimerkiksi "mallintaminen"). Tällöin matriisin pohjalta voitaisiin päätellä kuhunkin kohtaan liittyvä taso, jota opiskelijoilta odotetaan (esimerkiksi "kykenee luomaan malleja").

Ongelmaksi muodostui kuitenkin se, että osa CDIO- opetussuunnitelman kohdista edusti itsessään vain toisen tai kolmannen tason oppimista (esimerkiksi "ymmärtää insinöörien rooli yhteiskunnassa"). Tällöin ei ollut mielekästä kysyä, että halutaanko opiskelijan oppivan esimerkiksi "luomaan insinöörien yhteiskunnallisen roolin ymmärtämistä". Tämän takia kysely muotoiltiin siten, että jos CDIO -opetussuunnitelman kohta edusti vain Bloomin taksonomian kolmatta tasoa, annettiin vastausvaihtoehtojakin ainoastaan kolmanteen tasoon asti. Jotta kyselystä olisi saatu helpommin ymmärrettävä, annettiin eri kysymyksiin vastausvaihtoehtoina verbejä, jotka kuvasivat tietyn Bloomin taksonomian tason osaamista.

Joissain yliopistoissa vastaava kysely on suoritettu siten, että jokaiselle Bloomin taksonomian osaamistasolle on annettu numero (osata ulkoa = 1 ja luoda = 6), mutta tällaisessa toiminnassa on se vaara, että vastaajat mieltävät vaihtoehdot pelkiksi numeroiksi, jolloin "ulkoaopettelu" muuttuu "vähäksi osaamiseksi" ja "luominen" muuttuu "paljoksi osaamiseksi". Tällöin vastaaja saattaa erehtyä sekoittamaan laajamittaisen ulkoaopettelun "paljon tietoa" luomiseen, vaikka kyseessä ovat täysin eri asiat. Tämän ongelman välttämiseksi kyselyssä päätettiin käyttää numeroiden sijasta verbejä, vaikka kyselystä tulikin vaikeaselkoisempia ja hitaammin täytettävä.

### 7.2.2 Tulokset

Professoreille jaettujen kyselyiden vastauksissa oli hajontaa, joka johtui osittain kyselyn asettelusta, osittain vastaajien pienestä määrästä. Viidestä kyselyn saaneesta professorista vastauksia saatiin kolmelta. Kysely koettiin hivenen vaikeaksi tulkita, jonka johdosta osa vastanneista ei kyennyt vastaamaan jokaiseen kohtaan.

Kaikki kolme vastaajaa näkivät selkeästi tärkeiksi kaikki CDIO- opetussuunnitelman kohtiin 2.1 (tekninen tietämys ja päättelykyky) ja 2.2 (kokeilu ja tiedon hankkiminen) liittyvät alakohdat. Muista aihealueista koettiin tärkeiksi ammattimaiseen käytökseen ja etiikkaan, ryhmätyöskentelyyn, kommunikointiin, kestäväan kehitykseen, laadunvarmistamiseen, järjestelmän mallintamiseen ja kehittämiseen, laitteiston valmista-



miseen, ja uuden teknologian hyödyntämiseen liittyvät kohdat. Lisäksi tärkeäksi nähtiin insinöörin kyky ymmärtää ajankohtaisia ongelmia.

Selkeästi ei-tärkeitä asioita oli vähän. Pääasiassa ei-tärkeiksi nähdyt kohdat liittyivät kaupalliseen alaan. Vastajaat olivat sitä mieltä, että tuotantotekniikan laitoksen on turha opettaa kaupalliseen alaan liittyviä asioita, koska sitä varten yliopistossa on erillinen laitos. Tarkemmat tulokset professoreille suunnatuista kyselyistä löytyvät *Liitteestä 12*.

### 7.2.3 Laitoksen opetushenkilökunnalle jaettu kysely

Laitoksen opetushenkilökunnalle suunnatulla kyselyllä (*Liite 10*) oli tarkoitus selvittää, kuinka laitoksen lukuvuonna 2010-2011 järjestettävät kurssit vastaavat CDIO - opetussuunnitelmaa. Pääasiassa kartoitettiin kurssien nykyistä sisältöä, sillä monet kurseista eivät muutu merkittävästi lukuvuoden 2009-2010 toteutuksesta. Sen sijaan paljon muuttuvien ja kokonaan uusien kurssien osalta opetushenkilökuntaa pyydettiin arvioimaan tulevaa opetussisältöä.

Kyselylomake oli toteutettu matriisina, jossa pystytasossa oli lueteltuna CDIO - opetussuunnitelman osaamistavoitteita ja vaakatasossa olivat vastausvaihtoehdot. Vastausvaihtoehtoina olivat CDIO:n ITU -vaihtoehdot; esitellä (Introduce), opettaa (Teach) ja hyödyntää (Utilize), sekä vaihtoehto "asiaa ei opeteta kurssilla". Tällä tavalla yritettiin selvittää, missä suhteessa I, T ja U ovat toisiinsa nähden, ja mistä osa-alueista opetusta ylipäätään järjestetään. Samalla pyrittiin saamaan selville järjestetäänkö hyödynnettävistä asioista opetusta ennen hyödyntämistä.

Kyselylomakkeesta tehtiin ensin kaikki osaamistavoitteet sisältävä kokeiluversio, jonka täytti yksi laitoksen edustaja. Saadun palautteen perusteella kehitettiin paranneltu versio, joka kuitenkin osoittautui edelleen liian pitkäksi ja vaikeaselkoiseksi. Paranneltu kolmas versio tehtiin toisen version pohjalta, karsimalla osaamistavoitteita, joiden ymmärtäminen oli osoittautunut erityisen hankalaksi. Lisäksi samankaltaisia osaamistavoitteita yhdisteltiin. Kysymysten määrä saatiin puolitettua ja kyselystä tuli selkeämmin ymmärrettävä, jolloin vastausprosenttia saatiin todennäköisesti hieman korotettua.

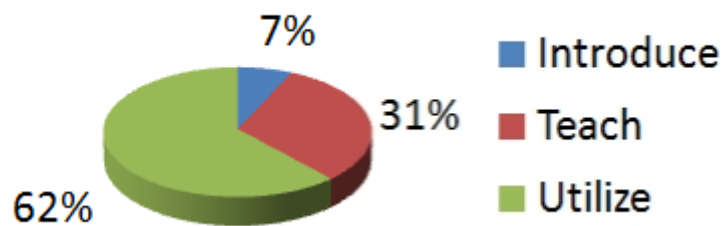
Koska ketään yksittäistä laitoksen opetushenkilökuntaan kuuluvaa henkilöä ei haluttu kuormittaa yli kolmella kurssiin liittyvällä kyselyllä, käytettiin joissain tapauksissa vaihtoehtoisena tutkimusmenetelmänä haastatteluja. Joissain tilanteissa hyödynnettiin myös omakohtaisia kokemuksia kursseista. Eräässä yksittäisessä tapauksessa kurssin opetushenkilö kutsui tutkimusryhmän avausluennolle, jossa kerrottiin kurssin sisällöstä.

### 7.2.4 Tulokset

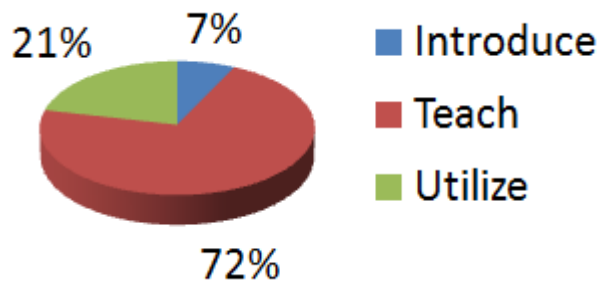
Opetushenkilökunnalle suunnatun kyselyn tuloksissa oli nähtävissä selkeitä osa-alueita, joihin laitoksen opetuksessa panostetaan paljon (*Kuva 7.9*), ja osa-alueita, joihin panostetaan vähemmän (*Kuva 7.10*). Opetuksessa kiinnitetään huomiota erityisesti CDIO - opetussuunnitelman kohtiin 2.1 (tekninen päättely), 2.2 (kokeilu ja tiedon löytäminen), 2.3. (järjestelmäajattelu), 3.1 (ryhmätyöskentely), 4.3 (teknisten järjestelmien ymmär-



osuus (7 %) on kohdallaan, mutta hyödyntämisen osuus (62 %) suhteessa opettamiseen (31 %) on liian suuri (Kuva 7.11). Tästä voidaan päätellä, että monilla kursseilla ei opeteta monipuolisesti eri insinööritoiminnan osa-alueita, vaan kursseilla keskitytään erillisten alaan liittyvien asioiden opettamiseen perinteisillä menetelmillä. Usealla kurssilla on harjoitustyö, jossa hyödynnetään esimerkiksi graafista kommunikointia ja ryhmätyötaitoja, mikä selittää osittain U:n suuren osuuden. Ongelmaksi muodostuukin se, että monia hyödynnettävistä taidoista ei opeteta erikseen millään kurssilla. Sen sijaan oletetaan, että opiskelijat ovat oppineet esimerkiksi kommunikointiin tai tekijänoikeuksiin liittyvät asiat muualla, vaikka todellisuudessa näin ei ole tapahtunut.



**Kuva 7.11.** Tuotantotekniikan opetuksessa toteutuneet ITU -suhteet.



**Kuva 7.12.** CDIO:n mukaiset ITU -suhteet.

### 7.3 Sidosryhmien toiveet

Tuotantotekniikan laitoksen eri sidosryhmille on tehty kyselyitä, joilla on selvitetty valmistuvilta opiskelijoilta toivottavia työelämän taitoja. Tietoa on kerätty muun muassa teollisuuden vaikuttajilta, alumneilta ja Riitahuhta Research Groupilta (RRG).

Tampereen Teknillisen Yliopiston vuonna 2009 toteuttaman Teollisuuden neuvottelukunnalle suunnatun kyselyn tuloksista voidaan nähdä selkeitä painopisteitä, jotka ovat tuotantoprosesseissa, uuden teknologian hyödyntämisessä ja kestävässä kehityksessä. Lisäksi monet neuvottelukunnan toiveista liittyvät johtamiseen ja talouteen. Merkittävää on myös se, että teollisuuden neuvottelukunta näki erityisen tärkeäksi työssä oppimisen merkityksen esimerkiksi erityistöiden ja työharjoittelun kautta.

Tuotantotekniikan laitoksen vuonna 2008 toteuttamasta alumnikyselystä käy ilmi, että monet vastaajista toivoivat opetukseen CDIO –viitekehyksen tyyppistä lähestymistapaa. Kysymykseen "Mitkä aihealueet näet teollisuuden kannalta tulevassa tuotanto-

tekniikan opetuksessa tärkeänä?" vastasi yhteensä 73 alumnia. Heistä 12 oli sitä mieltä, että opetukseen pitäisi saada enemmän käytäntöä. Lisäksi kahdeksan vastanneista oli sitä mieltä, että projektiopetusta pitäisi olla enemmän. Alumnien vastauksissa ehdotettiin myös aktiivisen yritys yhteistyön ja kommunikointiin liittyvän opetuksen lisäämistä.

Alumnikyselyistä käy myös ilmi, että valmistuneet opiskelijat kokivat saaneensa käytännönläheisistä kursseista paljon hyötyä. Alumnikyselyn kysymykseen "Miten tuotantotekniikan laitoksen opetus valmisti sinua työelämän tehtäviin?" vastanneiden mielestä koneistuskurssit, projektityökurssit ja työkurssit antoivat valmiuksia työelämään. Käytännönläheisiin kursseihin löytyy viittauksia yhdeksästä vastauksesta ja projekteihin viitataan kuudessa vastauksessa. Tämänkin kysymyksen kohdalla viitteitä CDIO -tyyppisen opetuksen toimivuuteen löytyy muutenkin; muun muassa kommunikaatiotaidot ja sosiaalinen verkostoituminen esiintyvät neljässä vastauksessa.

Myös alumnikyselyn viimeinen kysymys, "Kirjoita tähän parannusehdotuksiasi tai muuta palautetta" on tuottanut varsin CDIO -ajatusmaailmaan sopivia vastauksia: suoranaista yhteistyötä teollisuuden kanssa on ehdotettu viidessä vastauksessa, käytännönläheisyyttä on painotettu kuudessa vastauksessa. Myös muihin CDIO -kohtiin löytyy viittauksia: yhtenäisempää opintosuunnitelmaa ehdotetaan kahdessa vastauksessa ja yksittäisessä vastauksessa ehdotetaan alumnien vahvempaa sitouttamista laitoksen toimintaan. Eräässä vastauksessa esitetään myös, että laitoksen pitäisi opettaa opiskelijoille, kuinka omia ratkaisuja perustellaan työelämässä.

RRG:lle suoritettun kyselyn perusteella valmistuvilta opiskelijoilta toivottiin osaamista samoista CDIO -opetussuunnitelman asioista kuin muutkin sidosryhmät. Muun muassa kestävä kehitys, projektityöskentely, käytännön harjoitustyöt ja monitieteellinen osaaminen nousivat vastauksissa selkeästi esille. Lisäksi RRG:n jäsenet toivovat panostusta riskienhallinnan ja systemaattisen ongelmanratkaisun opettamiseen.

## 7.4 Laitoksen nykytilan CDIO -vastaavuuden selvittäminen

Laitoksen tämänhetkinen CDIO -vastaavuus selvitettiin lomakkeella, joka löytyy CDIO:n kotisivuilta. Lomakkeessa (*Kuva 7.13*) on ensimmäisessä pystysarakkeessa kaikki 12 standardia. Jokaisen standardin kohdalle kirjoitettiin vaakasarakkeisiin arvio laitoksen nykytilanteesta sekä sanallisesti että sen perusteella numeroilla. Arvosteluasteikossa nolla oli huonoin ja viisi paras arvosana. Tämän jälkeen standardien kohdille kirjoitettiin ehdotuksia parannuksista, joiden avulla laitoksen toimintaa voidaan kehittää CDIO -viitekehityksen mukaiseksi.

Arvioinnista (*liite 6*) näkee selkeästi, että parannettavaa löytyy joka saralta, mutta usean standardin kohdalla aloite muutokseen on jo valmiina. Kolmea standardeista (9, 10 ja 12) ei pystytty arvioimaan puutteellisten tietojen vuoksi.

	CDIO-STANDARDI	NYKYTILANNE	ARVIO	TOIMENPITEET
1	CDIO viitekehysenä	Pääasiassa laitoksen opetus ei perustu viitekehukseen. Laitoksella kuitenkin joitakin kursseja, jotka ovat joiltakin osin viitekehysten mukaisia. Nämä kurssit kuuluvat tuotekehityksen pääaineekokonaisuuteen.	2	CDIO-viitekehys omaksutaan opetuksen periaatteeksi koko laitoksella ja kaikilla laitoksen kursseilla.
2	Oppimistulokset	Usealla kurssilla on selkeät osaamistavoitteet, jotka opiskelija voi katsoa ennen kurssia. Tulevassa opinto-oppaassa osaamistavoitteet on määritelty joka kurssille.	3	Osaamistavoitteiden yhtenäistäminen opetusohjelman tavoitteiden kanssa. Osaamistavoitteiden selkeyttäminen.
3	Kokonaisvaltainen ja	Osa kurssista tukee	2	Kokonaisuuden

*Kuva 7.13. Ote laitoksen nykytila-analyysistä.*

## 7.5 Johdantokurssit muissa yliopistoissa

Koska TTE:n ensimmäinen CDIO –projektikurssi käydään vasta kolmantena opiskeluvuonna, ei se täysin vastaa johdantokurssin perusperiaatetta. Kuitenkin tässä luvussa käsitellään vain muiden yliopistojen CDIO –johdantokursseja. Tiedot kursseista ovat niiden ensimmäisiltä toteutuskerroilta. Erityisesti tässä luvussa keskitytään neljän alkuperäisen CDIO –yliopiston kursseihin:

- Introduction to Mechanical Engineering (Chalmers)
- Perspective of Vehicle Engineering (KTH)
- Introduction to Applied Physics and Electrical Engineering (LiU)
- Introduction to Aerospace Engineering and Design (MIT). (CDIO Home Page)

Kaikki neljä kurssia kuuluvat yliopistojensa ensimmäisen vuoden opetussuunnitelmaan. Kurssien tarkoitus on johdattaa, houkutella ja motivoida opiskelijat tuleviin opintoihin. Tämä toteutetaan antamalla heille varmuutta käyttää ja hyödyntää perustyökaluja ja teorioita. (CDIO Home Page)

Johdantokurssit sisältävät 1-4 projektia, joihin käytetään vähintään 50 % kurssien ajasta. Jokaisella kurssilla on vähintään yksi suunnittele – rakenna - tyyppinen projekti. Chalmersin, MIT:n ja jotkin LiU:n projekteista etenevät suunnittelusta rakentamisvaiheeseen saakka, kun taas KTH:n projekti päättyy virtuaalisen mallin tekemiseen. Chalmersissa ja LiU:ssa projektiryhmät valitsevat yksilölliset projektin aiheensa ideakatalogista, kun taas KTH:ssa ryhmät saavat tehtävänsä valvojalta ja MITissä kaikilla ryhmillä on sama tehtävä. Useimmat projektit ovat siis esisuunniteltuja, vaikkakin Chalmersissa ryhmä saa myös itse keksiä tehtävänsä. (CDIO Home Page)

Ryhmien koot vaihtelevat 2-3 hengen ryhmistä 5-6 hengen ryhmiin, projektista riip-

puen. Ryhmät on valittu joko sattumanvaraisesti tai opiskelijat ovat muodostaneet ne itse. Tässä prosessissa MIT ja LiU tekevät poikkeuksen ottamalla huomioon oppilaiden kokemuksen ja monipuolisuuden ja nämä yliopistot myös pyrkivät muodostamaan sukupuolitasapainoa ryhmilleen. (CDIO Home Page)

Kaikilla ensimmäisen vuoden kursseilla on mukana teollisuuden ja muiden ulkopuolisten toimijoiden edustajia vierailijaluennoksijoina, tai isännöimässä opiskelijoiden vierailuja yrityksissä. Lisäksi LiU kehittää kurssiaan yhteistyössä teollisuusyritysten kanssa.

**Taulukko 7.3. Johdantokurssien CDIO –opetussuunnitelmat.**

CDIO SYLLABUS ITEM	FIRST-YEAR COURSE	INTRODUCE/TEACH/UTILIZE	EMPHASIZED SUBTOPICS IN CDIO SYLLABUS
2.1 Engineering Reasoning & Problem Solving	Chalmers KTH LiU MIT	T T T T	2.1.1, 2.1.5 2.1.1-5 2.1.1-5 2.1.1-3
2.2 Experimentation & Knowledge Discovery	Chalmers KTH LiU MIT	T, U T, U T I	2.2.2 2.2.1-2, 2.2.4 2.2.4 2.2.3
2.3 System Thinking	Chalmers KTH LiU MIT	I T T T	2.3.1, 2.3.4 2.3.1, 2.3.3-4 2.3.2 2.3.2-4
2.4 Personal Skills & Attitudes	Chalmers KTH LiU MIT	I I T T	2.4.3-4, 2.4.6-7 2.4.3-4, 2.4.6 2.4.3-4, 2.4.7 2.4.4-5
2.5 Professional Skills & Attitudes	Chalmers KTH LiU MIT	I I I I	2.5.4 2.5.1-2
3.1 Teamwork	Chalmers KTH LiU MIT	T, U I, U T, U T, U	3.1.2 3.1.2 3.1.2-5 3.1.2-5
3.2 Communications	Chalmers KTH LiU MIT	T, U T, U T, U T, U	3.2.3, 3.2.5-6 3.2.3, 3.2.5-6 3.2.3, 3.2.6 3.2.4, 3.2.6
4.1 Societal & External Context	Chalmers KTH LiU MIT	T T I I	4.1.1-2, 4.1.4-6 4.1.1-6 4.1.1-6 4.1.1-6
4.2 Enterprise & Business Context	Chalmers KTH LiU MIT	I I I I	4.2.2 4.2.4
4.3 Conceiving & Engineering Systems	Chalmers KTH LiU MIT	T, U I T T	4.3.1-2 4.3.1, 4.3.4 4.3.2
4.4 Designing	Chalmers KTH LiU MIT	T, U I I T, U	4.4.1-2 4.4.1-5
4.5 Implementing	Chalmers KTH LiU MIT	I I I I	4.5.2, 4.5.5
4.6 Operating	Chalmers KTH LiU MIT	I I I T,U	4.6.1-2

*Taulukko 7.3* osoittaa, että kurssit käsittelevät useita alueita CDIO – opetussuunnitelmasta. Analysointi ja kokeellinen toiminta käsitellään opetussuunnitelman kohdissa 2.1 ja 2.2. Kaikki neljä kurssia käsittelevät kohtaa 2.1, tekninen päättely ja ongelmanratkaisu. KTH:n ja LiU:n kurssit käsittelevät sen kaikki alakohdita, kun taas Chalmersin ja MIT:n kurssit keskittyvät vain ongelman tunnistamiseen ja muotoiluun. Chalmersin kurssi jatkaa tästä ongelman virallisen ratkaisun löytämiseen, kun taas MIT:n kurssilla pyritään arvioimaan ja löytämään likimääräinen ratkaisu. KTH:n kurssilla hypoteesien muodostaminen, testaaminen ja puolustaminen opetetetaan, kun taas LiU:n kurssilla opetetaan vain hypoteesien puolustaminen. MIT:n kurssi on näistä neljästä ainoa, jolla järjestetään kokeelliseen tutkimukseen johdantoluento, mutta myös LiU:n ja KTH:n kursseilla käsitellään aihetta. (CDIO Home Page)

Suunnittelu ja rakentaminen sisältyvät CDIO –opetussuunnitelman kohtiin 4.3-4.6. Kaikki neljä kurssia sisältävät opetusta näistä kohdista. Chalmersin kurssilla painotetaan suunnitteluprosessin opettamista; kuinka asettaa vaatimuksia ja tavoitteita ja kuinka muodostaa näistä ratkaisuja. Opiskelijat hyödyntävät uutta tietämystään projektissa, jonka lopputuloksena on paperimalli tai toimiva prototyyppi. KTH:n kurssin projektissa painotetaan tietokonesimulointia enemmän kuin oikean mallin rakentamista. LiU:n kurssilla opetetaan tavoitteen asettaminen ja projektin johtaminen, sen sijaan suunnittelu, toteuttaminen ja käyttöönotto jäävät esittelyn tasolle. MIT:n kurssi sisältää kehitysprosessin kaikki askeleet, painottaen suunnittelua ja käyttöönottoa, mutta siellä on erillainen lähestymistapa kuin Chalmersin kurssilla. Chalmersin kurssilla sovelletaan systemaattisia suunnittelumetodeja, kuten brainstormingia ja toiminnallista analyysia. MIT:n kurssilla puolestaan korostetaan suunnittelukatselmuksia, järjestelmäsuunnittelua ja opiskelijoiden portfolioita. (CDIO Home Page)

## 7.6 Ensimmäisen CDIO -projektikurssin kehittäminen

Ensimmäisen CDIO –projektikurssin kehittäminen aloitettiin diplomityön aloituspalaverissa esitellyn power point –hahmotelman pohjalta (*Kuva 7.14*). Hahmotelman oli laatinut TTE:n laitoksen edustaja. Abstrakti hahmotelma sisälsi koko diplomityön keskeiset aihealueet, sisältäen projektikurssin.

Tämän jälkeen syvennettiin hahmotelman eri aihealueisiin tarkemmin, laajentaen samalla tietämystä myös muihin aiheeseen liittyviin asioihin. Tavoitteena oli saada selkeä käsitys siitä, mitä tehtävänanto pitää sisällään, jotta kurssia varten voitaisiin luoda vaatimuslista. Alustavan vaatimuslistan tavoitteina oli muun muassa esitellä ja hyödyntää laitoksen opetuksen keskeistä sisältöä mahdollisimman laajasti.

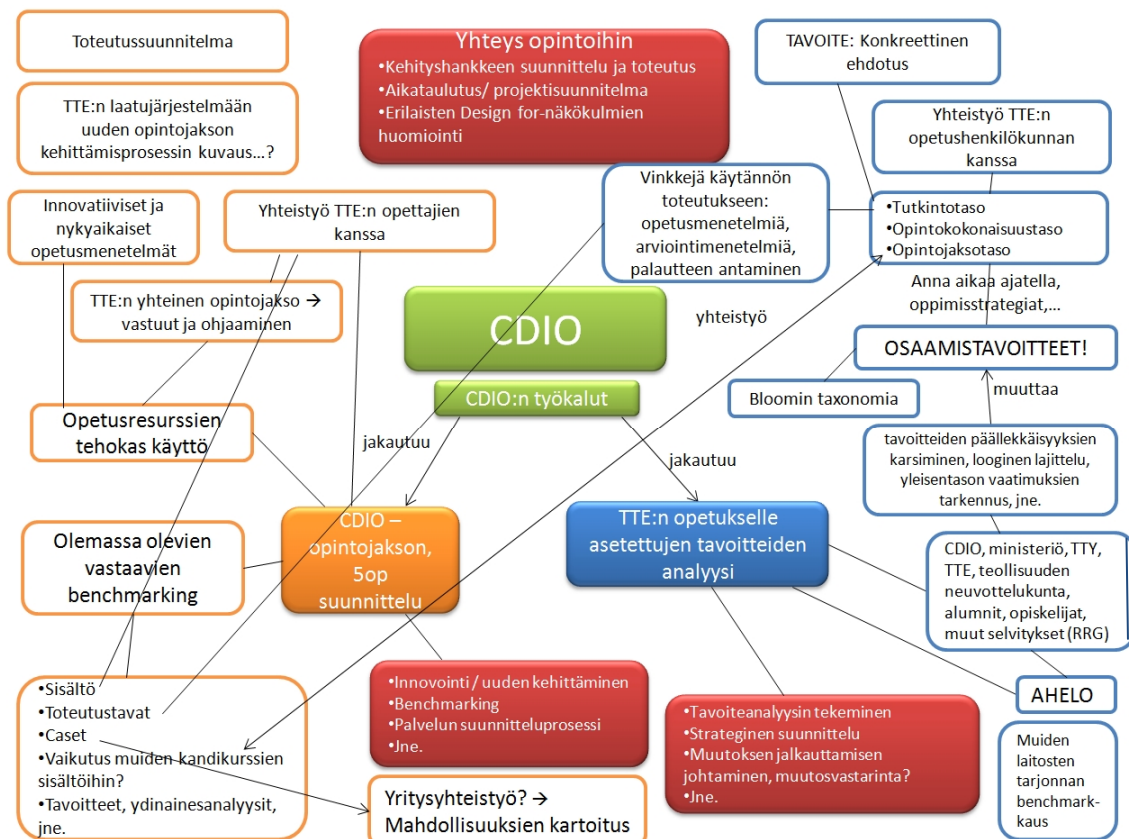
Alustavan vaatimuslistan jälkeen vaatimuksia alettiin muotoilla realistisempaan muotoon, selvittämällä esimerkiksi käytännön rajoitukset, kuten kurssin opintopisteiden määrän vaikutus kurssilla käytettävään kokonaisuikaan. Samalla selvitettiin laitoksen toiveita kurssin osalta.

Seuraavaksi tutkittiin, mitkä CDIO –opetussuunnitelman osa-alueista tulisi käsitellä kurssilla. Tässä vaiheessa käytettiin apuna internetistä löytyviä dokumentteja muiden

yliopistojen CDIO –projektikurssien sisällöstä. Edellisten vaiheiden perusteella laadittiin alustava suunnitelma kurssin sisällöstä ja aikataulusta.

Alustavan kurssisuunnitelman jälkeen suoritettiin käytännön benchmarkkausta Göteborgissa Chalmersin yliopistossa. Benchmarkkauksella selvitettiin CDIO – projektikurssien sisältöä ja käytännön toteutusta, sekä kurssien vaatimia resursseja.

Benchmarkkauksen jälkeen ensimmäisestä CDIO –projektikurssista tehtiin VDI 2221 –tuotekehitysmallin mukainen vaatimuslista, joka on esitetty *Liitteessä 8*. Chalmersin toisen projektikurssin havaittiin vastaan monilta osin TTE:n kurssin listan vaatimuksia. Lopulliseen ehdotukseen otettiinkin paljon vaikutteita Chalmersin kurssista.



**Kuva 7.14.** TTE:n edustajan laatima hahmotelma diplomityön keskeisistä aihealueista ja tavoitteista. (© Leena Rapo 2009)



## 8 EHDOTUKSET TOIMENPITEISTÄ

### 8.1 Ehdotus johdantokurssista

#### 8.1.1 Mitoitus

Ensimmäinen CDIO -projektikurssi on mitoitettu neljän opintopisteen laajuiseksi. Määritelmän mukaan neljä opintopistettä vastaa 108 tuntia opiskelua. Kurssi on tarkoitettu järjestää keväällä, joten sen toteutukseen on varattu yhteensä 16 viikkoa aikaa. Näin ollen voidaan laskea, että yksittäisen opiskelijan tulisi käyttää kurssiin 6-7 tuntia aikaa viikossa. Kurssiin käytettävästä 108 tunnista 16 tuntia on varattu työstökoneiden käyttöön.

#### 8.1.2 Opetus- ja oppimistavat

Kurssilla ei järjestetä aloitus- ja lopetusluentoja lukuun ottamatta luentoja lainkaan. Näin ollen kurssilla ei käytetä perinteistä massaluento-opetusta.

Kurssin opetuksessa sulautetaan verkko-opiskelu, lähiopetus ja itseopiskelu. Lähiopetus tapahtuu ryhmätapaamisissa, joissa valvoja auttaa projektiin liittyvissä asioissa. Kurssimateriaali on saatavilla sopivasta verkko-ympäristöstä, esimerkiksi moodlesta, ja materiaalin opettelu on kokonaan itseopiskelua. Koko kurssi esitetään projektina, jonka keskiössä on projektin lopputulos. Lopputulokseen pääsemiseksi tarvitaan ongelmanratkaisutaitoja, johon PBL antaa tarvittavat työkalut. PBL muuttuu kurssilla osittain myös tutkivaksi oppimiseksi, kun ongelmia ratkotaan yksilöllisen työn sijaan ryhmissä ja tutkimuksen edetessä ongelma pilkkoutuu pienempiin osiin.

#### 8.1.3 Arviointimenetelmät

Kurssin arvosana muodostuu loppuraportista, fyysisestä prototyypistä, vertaisarvioinneista ja välikokeista. Loppuraportissa arvioidaan ennalta määritellyt osa-alueet ja koko ryhmä saa tästä saman arvosanan. Vertaisarviointeja tehdään ryhmän sisällä väliajoin. Vertaisarvioinneissa ryhmän jäsenet arvioivat eri kriteereillä, kuinka hyvin kukin heistä on suoriutunut siihenastisista tehtävistä. Välikokeilla arvioidaan opiskelijoiden kurssimateriaalin osaamista. Välikokeet koostuvat monivalintakysymyksistä ja ovat kestoltaan noin viisi minuuttia. Välikokeet toteutetaan verkko-pohjaisina, esimerkiksi moodlessa, jolloin opiskelija voi suorittaa kokeen vaikka kotona. Kokeessa arvotaan esimerkiksi

sadasta aihealueeseen liittyvästä kysymyksestä kymmenen, joihin pitää vastata. Kurssin kokonaisarvosana muodostuu edellä mainittujen arvosanojen keskiarvosta.

### 8.1.4 Ydinainesanalyysi

Koska ensimmäinen CDIO -projektikurssi järjestetään kolmannen vuoden opiskelijoille, on keskimääräinen opiskelijoiden osaamistausta jo melko laaja. Näin ollen opiskelijoilta voidaan vaatia asioita, joita muiden yliopistojen ensimmäisen projektikurssin toteutuksessa ei ole.

Kurssin tärkein tavoite on opettaa CDIO -viitekehyksen peruseriaate, eli tuotekehitysprosessin läpivieminen konseptoinnin, suunnittelun ja toteuttamisen kautta aina käyttöön asti. Tuotteen suunnittelussa otetaan huomioon eri tuotantotekniset näkökulmat, ja näin opiskelija saa yleiskuvan myös muusta laitoksen opetuksesta.

Kurssin ydinainesanalyysi on tehty muiden yliopistojen vastaavien kurssien pohjalta, ottaen huomioon TTE:n laitoksen toiveet. Seuraavassa on kurssin ydinainesanalyysi esitettynä CDIO –opetussuunnitelman osalta, jossa **ydinaines**, **täydentävä tietämys** ja **erityistietämys** on eroteltu eri väreillä (**puna**iset kohdat eivät kuulu opetukseen):

- Tekninen päättely ja ongelmanratkaisu
  - Ongelman tunnistaminen ja muotoilu
  - Mallintaminen
  - Arviointi ja laadullinen analysointi
  - Epävarmuuden analysointi
  - Ratkaisu ja suositukset
- Kokeilu ja tiedon löytäminen
  - Olettamuksien muotoilu
  - Painetun ja elektronisen kirjallisuuden tutkimus
  - Kokeellinen tutkimus
  - Olettamuksien testaaminen ja puolustaminen
- Järjestelmääjattelu
  - Kokonaisvaltainen ajattelu
  - Systemien kehittyminen ja vuorovaikutus
  - Tärkeyden määrittäminen ja huomion kohdistaminen
  - Kompromissit, arviointi ja tasapaino ratkaisuissa
- Henkilökohtaiset taidot ja asenne
  - Aloitteellisuus ja halukkuus riskien ottamiseen
  - Pitkäjänteisyys ja joustavuus
  - Luova ajattelu
  - Kriittinen ajattelu
  - Tietoisuus omasta tietämyksestä, taidoista ja käsityksistä
  - Tiedonhalu, elinikäinen oppiminen ja toisten opettaminen
  - Ajan ja resurssien hallinta

- Etiikka, vastuullisuus, oikeudenmukaisuus ja henkilökohtaiset arvot
  - Ammatillinen etiikka, rehellisyys, velvollisuus ja vastuullisuus
  - Ammattimainen käyttäytyminen
  - Ennakoiva urasuunnittelu
  - Tekniikan maailman kehittymisen seuranta
  - Oikeudenmukaisuus
  - Luottamus ja lojaalisuus
  - Toiminnan tarkoitus
- Ryhmätyöskentely
  - Tehokkaiden ryhmien muodostaminen
  - Ryhmätyöskentely
  - Ryhmän kasvu ja kehittyminen
  - Ryhmän johtaminen
  - Tekniset ja monialaiset ryhmät
- Kommunikaatio
  - Kommunikointistrategia
  - Kommunikoinnin jäsentäminen
  - Kirjallinen kommunikointi
  - Sähköinen kommunikointi
  - Graafinen kommunikointi
  - Suullinen kommunikointi
  - Kuunteleminen ja keskustelu
  - Neuvotteleminen
  - Puolesta puhuminen
  - Sosiaalinen verkostoituminen
- Kommunikointi vierailla kielillä
  - Kommunikointi englanniksi
  - Kommunikointi teollisuuskumppanien kielillä
  - Kommunikointi muilla kielillä
- Ulkoinen, yhteiskunnallinen, taloudellinen ja ympäristöllinen
  - Insinöörin roolit ja vastuut
  - Tekniikan vaikutus yhteiskuntaan ja ympäristöön
  - Yhteiskunnan tekniikkaa koskevat säädökset
  - Historiallinen ja kulttuurillinen tausta
  - Ajankohtaiset ongelmat ja arvot
  - Maailmanlaajuisen näkemyksen kehittyminen
  - Kestävä kehitys
- Teknisten järjestelmien ymmärtäminen ja hallinta (CDIO)
  - Tarpeiden ymmärtäminen ja tavoitteiden asettaminen
  - Tehtävien, konseptien ja arkkitehtuurin määrittäminen
  - Järjestelmän mallintaminen ja tavoitteiden saavutettavuuden varmistaminen

- Systemisuunnittelu ja kehitysprojektin johtaminen
- Suunnittelu (CDIO)
  - Suunnitteluprosessi
  - Suunnitteluprosessin vaiheistus ja menettelytavat
  - Tietämyksen hyödyntäminen suunnittelussa
  - Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu
  - Monitieteellinen suunnittelu
  - DFX
- Toteuttaminen (CDIO)
  - Kestävän toteuttamisprosessin suunnittelu
  - Laitteiston valmistusprosessi
  - Ohjelmiston käyttöönottoprosessi
  - Laitteiston ja ohjelmiston yhdistäminen
  - Testaaminen, varmistaminen ja kelpuuttaminen
  - Toteutus- ja käyttöönottoprosessien johtaminen
- Käyttäminen (CDIO)
  - Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu
  - Koulutus ja toiminta
  - Järjestelmän elinkaaren tukeminen
  - Järjestelmän parantaminen ja kehittäminen
  - Hävittäminen ja käytön lopettamiseen liittyvät asiat
  - Tuotannon ohjaus

### 8.1.5 Resurssit

#### Työstökone- ja materiaalityökalit

Kurssilla toteutetaan ryhmätyönä fyysinen tuote. Fyysisen tuotteen valmistamiseen tarvitaan erilaisia materiaaleja, kuten muovia, puuta, metalleja ja keraameja. Esimerkiksi keraamien käsittelyyn vaadittavaa laitteistoa ei kuitenkaan voida olettaa hankittavaksi yhtä kurssia varten, mutta selvää on, että vähintäänkin metallien ja puiden käsittelyyn soveltuva laitteisto olisi kurssin toteutuksen kannalta välttämätöntä. Vastaavasti opiskelijoille pitäisi tarjota materiaalia, josta tuotteita voi rakentaa. Laitos ei voi huomioida jokaisen ryhmän erityisiä materiaalityökalit, mutta jokaiselle ryhmälle voidaan asettaa pieni budjetti materiaalien hankkimista varten. Laitos voisi kuitenkin hankkia yleiskäyttöisiä materiaaleja, kuten peltilevyä, vaneria ja teräsputkea. Materiaaleja ja vanhoja työkaluja olisi todennäköisesti mahdollista saada lähialueen konepajateollisuuden yrityksiltä.

## **Tilankäytölliset tarpeet**

Työstökoneet ja työkalut asettavat vaatimuksia tiloille. Laitoksella on hajautetusti työstökonetiloja, mutta opiskelijoilla ei yleensä ole pääsyä niihin. Toisaalta työstökonetilat ovat pieniä ja sijaitsevat eri puolilla yliopistoa. Kurssin toteutuksessa tämä voitaisiin kuitenkin ottaa huomioon siten, että työstötilat olisivat erillään muista ryhmätyöskentelytiloista. Tällöin ryhmille voitaisiin jakaa tietyn pituisia aikajaksoja työstötiloista, mutta tuotteiden varsinainen rakentaminen suoritettaisiin jossain muualla. Tärkeää olisi kuitenkin saada käyttöön laaja tila, esimerkiksi halli, jossa monta ryhmää mahtuisi suunnittelemaan ja kokoamaan prototyyppjä samanaikaisesti.

## **Henkilökuntaan kohdistuvat tarpeet**

Koska kurssilla käsitellään montaa eri osa-aluetta tuotantotekniikasta, olisi tärkeää, että kurssin opetushenkilökuntaan kuuluisi monen eri osa-alueen asiantuntijoita. Koko opetushenkilökunnan ei tarvitsisi olla paikalla samanaikaisesti, vaan riittäisi, että opiskelijat voisivat saada neuvoja kunkin viikon teemaan liittyvissä asioissa.

Kurssi tulisi vaatimaan paljon opetushenkilökuntaa, koska kurssin arvioitu osallistujamäärä on yli 100 henkilöä, eikä yli viiden hengen ryhmien muodostaminen ole järkevää. Mahdollisia välinäyttöjä tulisi kurssilla olemaan ainakin yhdeksän, joten kahden viikon aikajaksolla tämä tarkoittaa yli 20 ryhmän lähes viikoittaista välinäyttöä. Jotta opiskelijat saisivat laadukasta palautetta ja mahdollisuuden kysyä asioita ohjaajalta, ei olisi suotavaa, että kukaan ohjaaja vastaisi yli viidestä ryhmästä kerralla.

Myös työstökoneiden käyttö asettaa vaatimuksia henkilökunnan suhteen. Opiskelijoille täytyy opettaa koneiden käyttöä ja toisaalta jonkun pitää valvoa opiskelijoiden turvallisuutta. Toisaalta opiskelijoiden ei voi antaa käyttää laitoksen kalliita työstökoneita ilman valvontaa.

## **Kurssimateriaali**

Koska kurssi käsittelee varsin laajasti tuotantotekniikan eri osa-alueita, ei kurssille voida suositella materiaaliksi mitään yksittäistä teosta. Tästä johtuen kurssin opiskelijoilla pitäisi olla käytössään internet -pohjainen tietopankki, joka sisältäisi materiaalia muun muassa tuotekehityksestä, työstömenetelmistä, materiaaleista ja niiden ominaisuuksista, standardeista, asiakastutkimuksista ja ympäristölainsäädännöstä. Lisäksi tietopankista pitäisi löytyä esimerkkejä erilaisten menetelmien, kuten TRIZin, Liaison-diagrammin ja toimintokaavion käytöstä.

### 8.1.6 Rakenne ja toteutus

Tässä esiteltävä ehdotus kurssin rakenteesta perustuu The Value Model -malliin. Vaikutteita on otettu Chalmersin toisen vuoden projektikurssin toteutuksesta, mutta sisältöä on laajennettu siten, että se huomioi TTE:n vaatimukset ja vastaa kolmannen vuoden opiskelijoiden osaamisen tasoa. Kurssin toteutus (*Kuva 8.1*) on jaettu yhdeksään peräkkäiseen pääosioon, joilla on selkeä teema. Jokainen osio pitää sisällään tavoitteita (katso kurssin toimintasuunnitelma *Liitteestä 7*), joihin opiskelijoista koostuvan ryhmän on päästävä ennen seuraavan pääosion alkamista. Ideaalitilanteessa ryhmä osallistuisi jokaisen osion jälkeen välinäyttöön, jossa ryhmän ohjaaja opastaisi ryhmää työhön liittyvissä ongelmissa ja jakaisi ryhmälle pisteitä sen mukaan, kuinka tavoitteisiin on päästy.

#### 1. Projektin aloittaminen (ryhmän muodostaminen, aikataulutus)

Alussa muodostetaan ryhmä, joka alkaa toteuttaa projektia. (Ryhmän muodostamisessa ryhmälle valitaan ensimmäinen johtaja, sekä päätetään järjestys, jonka mukaan johtajuus kiertää ryhmässä). Ryhmä laatii myös suunnitelman vastuujasta, eli päättää mitkä asiat tehdään yhdessä ja mitkä erikseen, ja kenen vastuulla on kunkin osa-alueen toteuttaminen. Ryhmän on myös syytä sopia yhteisistä pelisäännöistä ja suhtautumisista toisten rooleihin.

Projektin aloittamisvaiheessa määritellään projekti; tässä vaiheessa päätetään mitä projektin lopputuloksena syntyy ja mitkä ovat projektin sidosryhmät. Lisäksi projektille määritetään rajat.

Seuraavaksi laaditaan projektisuunnitelma. Projektisuunnitelma sisältää aikataulutuksen ja arvion tarvittavista resursseista. Projektisuunnitelmasta käyvät ilmi välitavoitteet. Tässä vaiheessa opiskelijoilta vaaditaan alustava gantt-kaavio.

Projektille on myös laadittava ohjaus- ja seurantajärjestelmä. Ryhmän on määritettävä mittarit, joiden avulla projektin etenemistä voi seurata ja arvioitava riskit (millä todennäköisyydellä tiettyyn tavoitteeseen päästään tietyssä ajassa).

#### 2. Tuotteen määrittely (tuotteen määritteleminen, kestävä kehitys)

Tuotteen määrittelyvaiheessa ryhmä määrittää tuotteen päätoiminnot, täydentävät toiminnot ja ei-toivotut toiminnot. Tässä vaiheessa myös määritetään tuotteen sijainti S-käyrällä. S-käyrän sijainnin mukaan muodostetaan strategia tuotteen jatkokehitykselle. Tuotteelle suunnitellaan elinkaari, johon liittyen määritellään tuotteen ympäristövaikutukset. Elinkaaresta myös etsitään ne kohdat, joissa asiakasarvoa voi lisätä.

#### 3. "Asiakkaan äänen" tavoittaminen

Asiakkaan äänellä tarkoitetaan asiakkaan tuotteeseen kohdistamia toiveita. Tässä vaiheessa ryhmä tekee analyysin alan johtavien toimijoiden (tai alan pioneerien) tuotteista

(mihin ne ovat matkalla) ja selvittää asiakkaan kriittiset vaatimukset ja sanattomat sekä tiedostamattomat tarpeet.

#### **4. Vaihtoehtoisten ratkaisujen etsiminen ja analysointi**

Vaihtoehtoisten ratkaisujen etsiminen alkaa tutkimalla tunnettuja ideoita ja ratkaisuja. Ryhmä luetteloi tunnettuja ratkaisuja ja tekee niistä muunnelmia. Tavoitteena on selvittää vähintään viisi tapaa toteuttaa päätoiminto. Lopuksi ryhmä piirtää tuotteesta toimintakaavion ja etsii tuotteen vahvat ja heikot osat.

#### **5. Parhaan konseptin valinta**

Ennen konseptin valintaa ryhmä muodostaa vaihtoehtoisia konsepteja, joilla voitaisiin saavuttaa korkeampi asiakasarvo. Seuraavassa vaiheessa konsepteja kehitetään eteenpäin. Jatkokehityksen jälkeen konseptien parhaat ominaisuudet yhdistetään Pugh -analyysin tai morfologisen matriisin avulla siten, että saadaan aikaiseksi muutama ehdotus, joista valitaan paras mahdollinen ratkaisu.

#### **6. Lopullisen vaatimuslistan kirjoittaminen**

Kun paras konsepti on valittu, asetetaan pää-, täydentäville ja ei-toivotuille toiminnoille, ja kustannuksille lopulliset vaatimukset. Lopullisessa vaatimuslistassa huomioidaan myös käyttäjän turvallisuuteen liittyvät asiat.

#### **7. Parhaan konseptin toteuttamissuunnitelman laatiminen**

Toteuttamissuunnitelman laatiminen aloitetaan jakamalla konsepti moduuleihin. Moduulien väliset rajapinnat selvitetään, ja päätetään mitä kehitetään itse, ja mitkä moduulit hankitaan muualta. Ryhmä laatii kuvauksen moduulien toteuttamista toiminnoista, ja laatii rajapintamatriisin moduulien välisistä riippuvuuksista.

Modulointivaiheen jälkeen ryhmä mallintaa ja mitoittaa kriittiset osasysteemit CAD-ohjelmalla. Lisäksi ryhmä laatii yksinkertaiset laskelmat (esimerkiksi laakerien mitoittamisesta) tai perustelut tuotteen toiminnan kannalta olennaisista ominaisuuksista.

Lopuksi ryhmä laatii arvion tuotteen valmistamisesta aiheutuvista kustannuksista ja tuotteen valmistettavuudesta. Ryhmä myös toimittaa arvion tuotteen valmistukseen vaadittavista tiloista ja tuotantolinjoista (esimerkiksi, minkä kokoluokan tehtaassa tuotetta voitaisiin valmistaa, millä laitteilla ja miten).

#### **8. Konseptin toteuttaminen**

Toteuttamisvaiheessa ryhmä rakentaa tuotteesta kaksi prototyyppiä: fyysisen mittakaavaan tehdyn mallin ja tuotteen toimintaa simuloivan mallin. Nämä kaksi toteutusta voi-

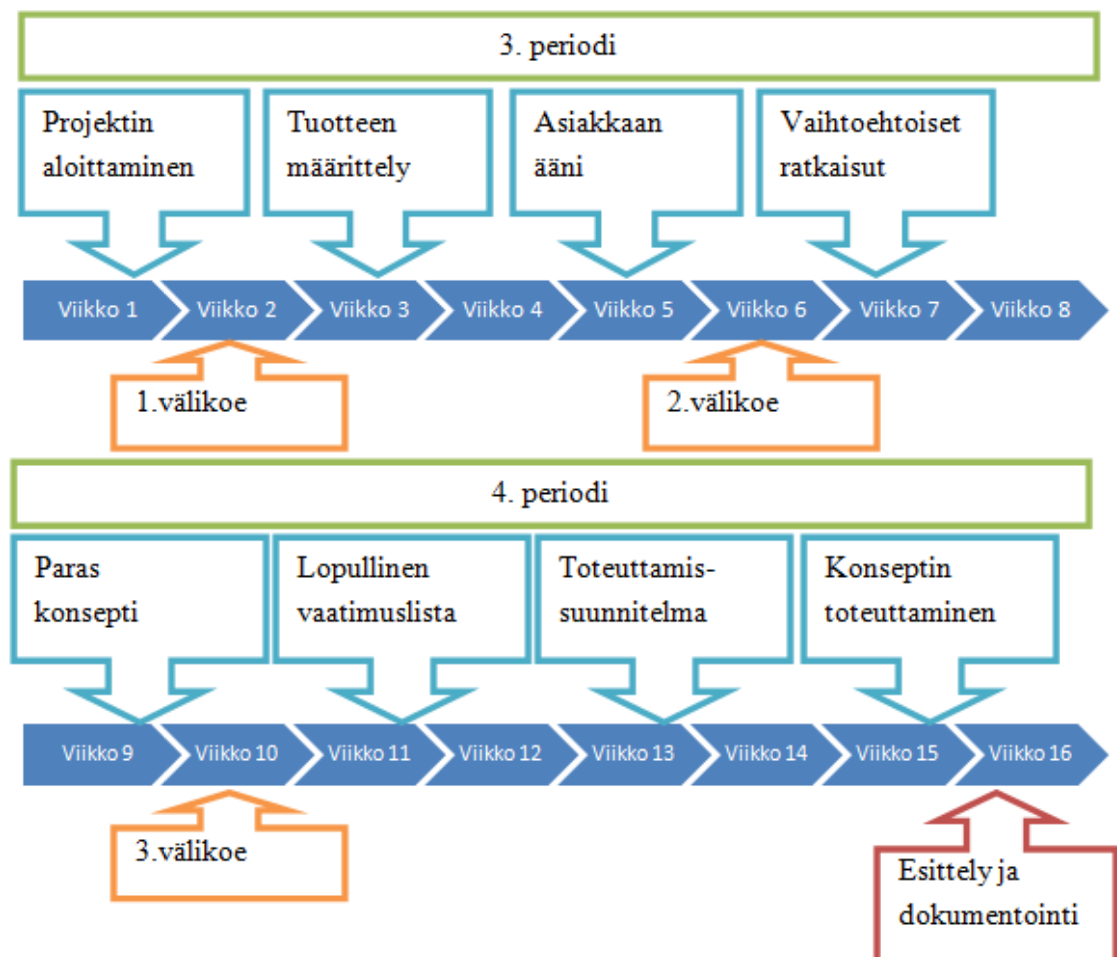
vat olla myös samassa mallissa. Tärkeintä on, että tuotteen ulkoisia ominaisuuksia ja toimintaa voidaan simuloida ja arvioida. Lopuksi ryhmä laatii arvion tavoitteiden saavuttamisesta.

## 9. Esittely ja dokumentointi

Ryhmä laatii dokumentin työskentelyprosessista, valitusta konseptista ja kokemuksistaan. Lisäksi ryhmä tekee tuotteestaan loppuesityksen, joka esitetään muille ryhmille.

### Kurssin aikataulu

Kurssi alkaa lukuvuoden puolessavälissä ja kestää kaksi periodia. Kurssilla on yhdeksän välietappia, joiden tulee olla suoritettuna noin kahden viikon välein, jolloin ryhmällä on tapaaminen ohjaajan kanssa. Välikokeita kurssilla on kolme. Välikokeisiin pitää opiskella materiaali, jota tarvitaan koetta seuraavien välietappien suorittamiseen. Kurssin loppupäässä ei ole välikokeita, jotta opiskelijat voivat keskittyä rakennusvaiheeseen.



*Kuva 8.1. Visuaalinen esitys kurssin aikataulusta välietappeineen.*



## 8.2 Ehdotus työtilojen parantamisesta

### 8.2.1 Yleistä

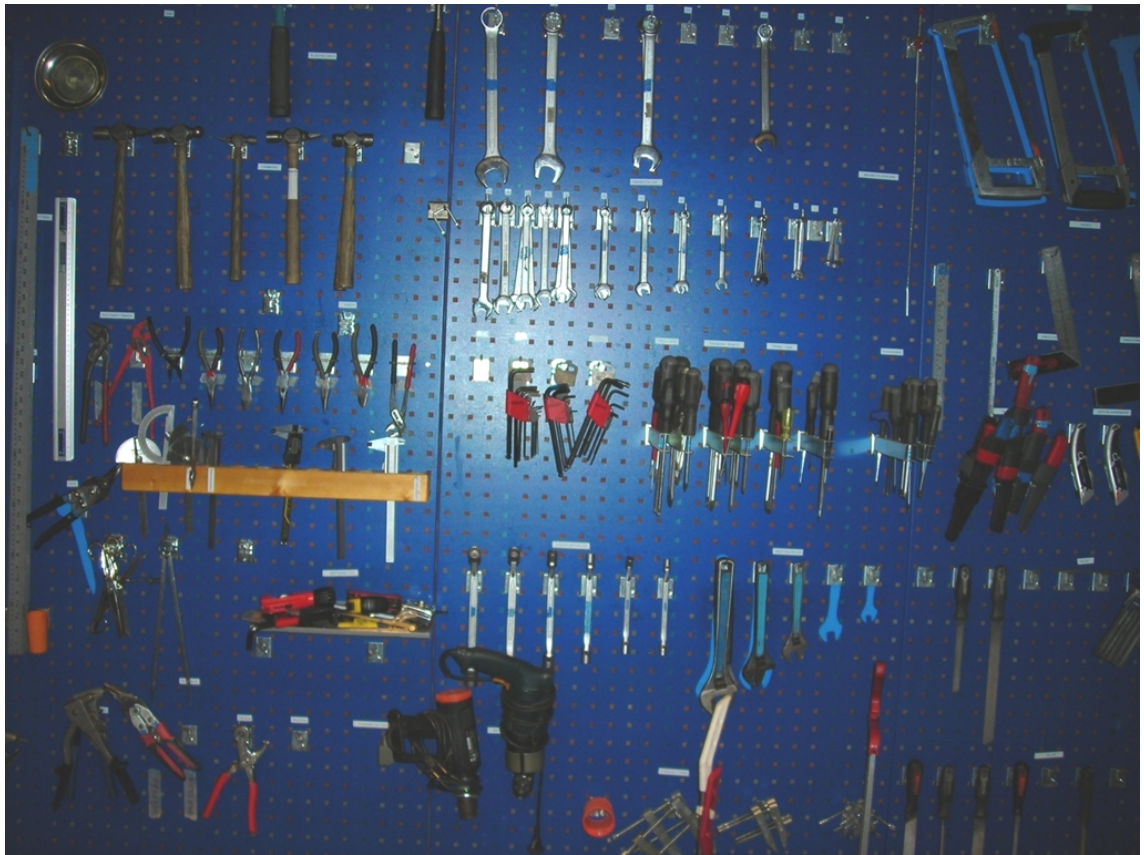
Jos Tuotantotekniikan laitos haluaa panostaa enemmän ryhmätyöskentelyyn ja käytännönläheiseen oppimiseen, on uusien työtilojen rakentaminen välttämätöntä. Ennen uusien tilojen rakentamista voitaisiin kuitenkin tehdä samoja ratkaisuja kuin Chalmersissa, eli arvioida nykyisiä tiloja, ja muuttaa joitain vanhaksi jääneitä tiloja uudenaikaisiksi.

Vaihtoehtoisesti käytännönläheisillä kursseilla voitaisiin tehdä yhteistyötä muiden yliopistojen ja koulutuslaitosten, sekä yritysten kanssa. Tilojen pitäisi kuitenkin mielellään sijaita mahdollisimman lähellä TTY:n kampusta, ja toisaalta kurssien kannalta olisi hyvä, jos tilojen käyttö ei olisi rajoittunut tiettyihin kellonaikoihin, vaan opiskelijat voisivat käyttää tiloja silloin kun se sopii parhaiten ryhmien aikatauluihin.

Varsinkin tilojen, joissa kokoonpannaan, testataan ja käytetään prototyypppejä, tulisi olla suuria yhtenäisiä alueita, jotta monta ryhmää voisi työskennellä niissä samanaikaisesti ja oppia toisiltaan asioita.

### 8.2.2 Minimivaatimukset

Jotta voidaan rakentaa paperimalleja kehittyneempiä malleja, tarvitaan perustyökaluja (*Kuva 8.2*) ja perusmateriaaleja metallin ja puun työstöön. Metallimateriaalia tulisi pystyä leikkaamaan, poraamaan, vääntämään sekä liittämään pulttiliitoksilla. Puuta tulisi pystyä sahaamaan, poraamaan sekä hiomaan. Näihin tarkoituksiin tarvittavia koneita ja välineitä sekä materiaaleja ovat muun muassa akkuporakone, vasara, ruuvimeisselit, käsisaha, metallileikkurit, rullamitta, suorakulma, naulat, ruuvit, mutterit, pultit, laudat, vanerilevyt, harjanvarret, metalliputket, metallilevyt, metallitangot, spray-maalit, styroksi, pahvi ja muut vastaavat. Lisäksi kappaleiden kiinnittämistä varten olisi hyvä olla ruuvipenkki sekä puristimia.



*Kuva 8.2. Työkaluseinä Chalmersin protolaboratoriossa.*

Suomessa käytettävän toimistotilojen suunnitteluohjeen mukaan työntekijää kohti vaadittava tila on 6-25 neliömetriä (RT 95-10717). Työstötiloissa liikutellaan välillä varsin kookkaita esineitä, joten tilantarve henkilöä kohti on vähintäänkin samaa luokkaa. Näin ollen esimerkiksi 100 neliön tilaan mahtuisi luultavasti työskentelemään neljä viiden hengen ryhmää samanaikaisesti.

Johdantokurssilla rakentamaan olisi hyvä päästä kurssin puolivälissä, eli rakentamiseen olisi aikaa yhden jakson verran (kahdeksan viikkoa). Arvioitu ryhmän tarvitsema työtilojen käyttöaika on kaksi tuntia viikossa, eli yhteensä 16 tuntia kurssin aikana. Viiden opiskelijan ryhmiä on noin 20-30. Kurssin aikana tiloja tarvitaan siis 320-480 tuntia. Näin ollen 100-150 opiskelijan kurssi vaatii aikaa tiloilta 80-120 tuntia, mikäli tilojen käyttöaste on 100 %. Minimitilanteessa tilat ovat auki toimistoaikoina, eivätkä ne sido laitoksen henkilökuntaa vakituisesti. Työtiloja käytetään vain rakentamiseen ja mahdollisesti kokoonpanoon.

### **8.2.3 CDIO –viitekehyksen mukaiset suositukset**

CDIO – viitekehyksen suosituksen mukaan opiskelijoille tulisi tarjota tiloja

- Työstämiseen
- Kokoonpanoon ja testaamiseen
- Suunnitteluun, sekä
- Ryhmätyöskentelyyn

Suunnittelu voidaan toteuttaa nykyisissä atk-luokissa, joten tätä varten uusia tiloja ei välttämättä tarvita. Sen sijaan tällä hetkellä ei ole olemassa varsinaisia tiloja ryhmätyöskentelyä varten, vaan opiskelijat tekevät ryhmätyönsä käytävillä, kahvilassa tai atk-luokissa, mikä ei ole ryhmien välisen kommunikoinnin kannalta edullista. Ryhmätyöhön soveltuvassa tilassa tulisi olla monipuolisesti välineitä havainnollistamiseen. Tällaisia välineitä ovat muun muassa videotykit ja liitutaulut. Ryhmätyötilat tulisi kalustaa mukavasti, esimerkiksi sohvilla ja pöydillä.

CDIO –viitekehyksen mukaan työstötilat sisältäisivät koneita metallin ja puun työstämiseen, piirilevyjen kokoonpanoon, sekä ohjelmointiin. Tiloissa pitäisi olla lisäksi erinäisiä mekaanisia ja sähköisiä mittauslaitteita. Opiskelijoilla tulisi olla käytössään monipuoliset työkoneet ja materiaalit, joilla pystyy rakentamaan hyvinkin realistisia prototyyppejä. Perustyökalujen lisäksi tarvittaisiin muun muassa kolvi, sorvi, pylväsporakone, särmäyskone, hitsauslaitteet, tasohöylä ja pöytäsiirkeli.

Esimerkiksi Chalmersissa konetekniikan laitoksen 450 neliömetrin protolaboratorio sisältää puu- ja metalliverstaat, kokoonpanotilan, materiaalivaraston ja esittelytilan. Lisäksi heillä on CDIO -viitekehyksen mukaisesti rakennettuja ryhmätyötiloja yli 500 neliömetriä.

#### 8.2.4 Ideaalitilanne

Tilojen suunnitteluvaiheessa tulisi tehdä yhteistyötä opiskelijoiden kanssa. Ideaalitilanteessa työtilat sisältäisivät kehittyneitä laitteita, kuten CNC- (Kuva 8.3) ja rapid prototyping koneita. Eri tilojen tulisi olla erillään toisistaan ja sisältää internet -yhteydet, jolloin olisi mahdollista pitää videoneuvotteluja. Videoneuvottelut mahdollistaisivat esimerkiksi kurssiyhteistyön ulkomaisten yliopistojen kanssa.



*Kuva 8.3. CNC -kone Chalmersin Protolaboratoriossa.*

Ideaalitilanteessa ryhmätyötiloja voitaisiin muokata käyttäjien tarpeiden mukaan, esimerkiksi helposti siirrettävillä huonekaluilla. Ryhmätyötilassa olisi lisäksi ”sähköinen liitutaulu”, sekä mahdollisuus tallentaa keskusteluja. Työstötilassa laitoksen henkilökuntaa olisi paikalla toimistoaikoina auttamassa koneiden käytössä ja valvomassa toimintaa. Opiskelijoilla olisi ainakin rajallinen pääsy tiloihin ympäri vuorokauden.

### 8.2.5 Työstötilojen turvallisuus

Opiskelijoille tulisi järjestää turvallisuuskoulutus tilojen ja koneiden turvallista käyttöä varten. Koulutuksessa opetettaisiin työkoneiden peruskäyttö ja toiminta vaaratilanteissa. Koulutuksen laajuus riippuisi käytettävissä olevista työkoneista. Esimerkiksi, jos opiskelijoilla olisi käytössään vain perustyökaluja, kuten käsipora, vasara ja höylä, ei niiden käyttöön tarvitsisi liiemmin paneutua. Jos taas opiskelijoille olisi käytössään monipuolisempia työkoneita, kuten sorveja, pystyporia ja hitsauslaitteita, olisi valvojan suotavaa olla paikalla ainakin toimistoaikoina. Tässä vaativammassa tapauksessa koneiden ja tilojen käyttö toimistoaikojen ulkopuolella vaatisi ”ajokortin” suorittamista, jolla opiskelija todistaisi osaavansa käyttää koneita oikein ja turvallisesti. Edellä selostettu malli on havaittu toimivaksi Chalmersissa. Turvallisuuskoulutus voitaisiin järjestää esimerkiksi yhteistyössä turvallisuustekniikan laitoksen ja jonkun TTE:n laitoksen laboratorioinsinöörin kanssa.

Opiskelijoille tulisi tarjota myös tarvittavat suojavälineet, kuten suojalasit (Kuva 8.4) ja –käsineet sekä kuulosuojaimet. Lisäksi on syytä huomata, että puuta työstettäessä

syntyy puupölyä, jonka vuoksi tiloissa tulisi olla poistoimuri joka kerää sahanpurun ja pölyn pussiin.



*Kuva 8.4. Suojalasiteline Chalmersin Protolaboratoriossa.*

## 8.3 Ehdotus tuotantotekniikan opetuksen kehittämisestä

### 8.3.1 Opetuksen kehittäminen 12 standardin mukaiseksi

Laitoksen nykytila-analyysin (katso *Luku 7.4*) perusteella voidaan tuotantotekniikan laitokselle esittää kehitystoimenpiteitä yhdeksän CDIO –standardin osalta (kolmea 12 standardista ei voitu arvioida nykytila-analyysissä puutteellisten tietojen vuoksi, joten niiden kohdalta ei esitetä kehitystoimenpiteitä):

- 1. Standardi, CDIO –viitekehystenä: CDIO –viitekehys tulisi ottaa käyttöön koko TTE:n laitoksen laajuudessa, jolloin se koskisi jokaista laitoksen kurssia.
- 2. Standardi, Oppimistulokset: Kurssien osaamistavoitteet tulisi yhtenäistää opetusohjelman osaamistavoitteiden kanssa. Osaamistavoitteiden tulisi olla selkeitä ja helppotajuisia, mutta kuitenkin tarkasti määriteltyjä.
- 3. Standardi, Kokonaisvaltainen ja yhtenäinen opetusohjelma: Kursseilta tulisi karsia päällekkäisiä asioita pois, jolloin samaa asiaa ei opetettaisi usealla kurssilla. Kurssit tulisi suunnitella tukemaan opetettavien asioiden osalta toisiaan.
- 4. Standardi, Johdantokurssi tekniikkaan: CDIO –viitekehys olisi otettava käyttöön koko koulutusohjelman laajuudessa, jotta ensimmäisen vuoden opiskelijoil-

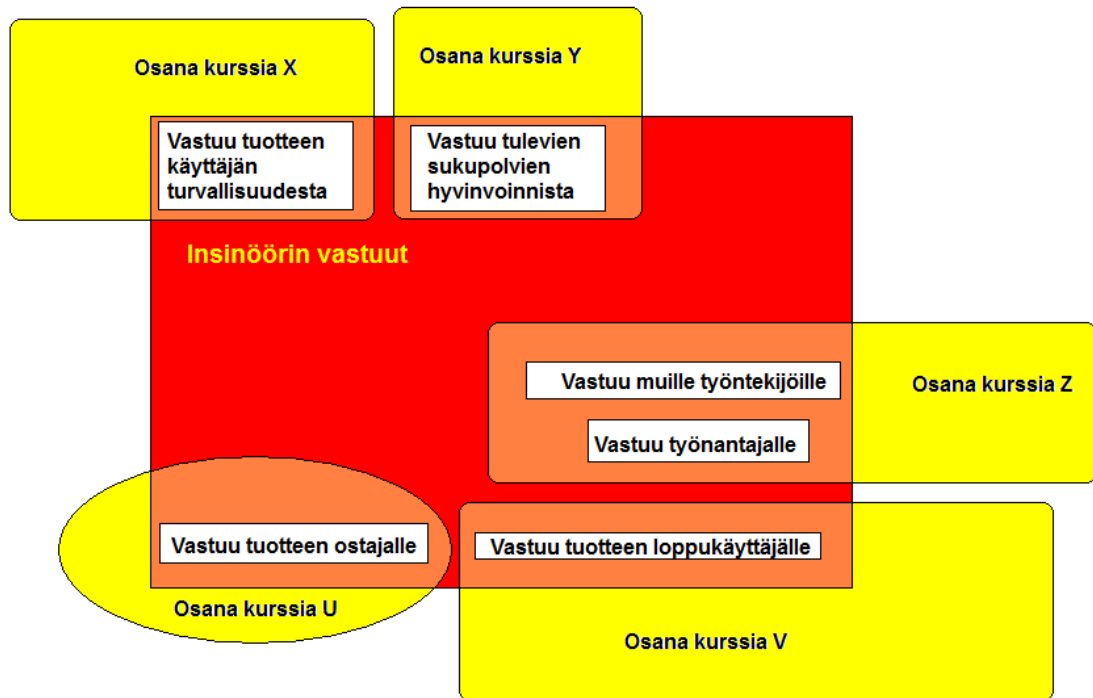
le olisi mahdollista järjestää tekniikan johdantokurssi sen alkuperäisessä merkityksessä.

- 5. Standardi, Suunnittelusta toteutukseen –oppimiskokemukset: Idean toteuttamista käytännössä tulisi harjoitella muuallakin kuin suunnitteilla olevilla kahdella projektikurssilla. Nykyisten kurssien harjoitusten muuttaminen käytännönläheisimmiksi edistäisi tätä asiaa.
- 6. Standardi, Tekniikan opettamiseen sopivat työtilat: Tästä aiheesta kerrotaan *Luvussa 8.2*.
- 7. Standardi, Yhdistetyt oppimiskokemukset: Harjoituksissa tulisi keskittyä useampaan aiheeseen kerrallaan. esimerkiksi opiskelijat voisivat tarkastella yhdessä harjoituksessa samaan aikaan tuotteen analysointia, tuotteen suunnittelua sekä insinöörin eettistä vastuuta tuotteen suunnittelussa.
- 8. Standardi, Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen: Nykyisistä perinteisistä oppimismalleista tulisi siirtyä aktiivisiin ja kokemusperäisiin. Perinteisiä luentokursseja voisi aktivoida esimerkiksi *Luvussa 4.2.6* esitetyillä mutakorteilla, käsitekysymyksillä ja rastituksella. Elektroniset vastausjärjestelmät tukevat käsitekysymyksiä.
- 11. Standardi: Oppimisen arviointi: Opiskelijoiden tietämystä tulisi arvostella muutenkin kuin perinteisillä tenteillä, jotka arvioivat lähinnä ulkoaopettelukykä. Kokonaisvaltainen arvioiminen sisältää tieteenalan tietämyksen, henkilökohtaisten taitojen, ryhmätyötaitojen sekä tuotteiden ja järjestelmien rakennustaitojen oppimisen arviointia. Oppimista tulisi arvioida kirjallisten tenttien lisäksi suullisilla tenteillä, vertais- ja itsearvioinneilla, portfolioilla sekä tarkkailemalla opiskelijoiden suoriutumista käytännön projekteissa.

### 8.3.2 Tärkeiksi nähtyjen CDIO -taitojen opettamisen lisääminen

Kuten opetuksen sisältöä koskevan kyselyn tuloksista (*Luku 7.2.4* ja *Liite 5*) käy ilmi, voidaan tuotantotekniikan opetuksesta löytää selkeästi liian vähälle huomiolle jääviä kohtia, kun sitä verrataan CDIO -opetussuunnitelmaan. Jokaisella kurssilla ei tarvitse opettaa kaikkia opetussuunnitelman asioita osaamistavoitteiden täyttymiseksi, vaan yksi osaamistavoite voidaan jakaa usean kurssin kesken pienempiin osiin. Esimerkiksi osaamistavoite ”Insinöörin vastuut” (*Kuva 8.5*) voidaan jakaa alakohtiensa mukaan viidelle eri kurssille.





**Kuva 8.5.** Osaamistavoitteen jakaminen eri kurssien kesken.

Näin opiskelija on, käytyään kyseiset viisi kurssia, saanut tarvittavat tiedot insinöörin vastuista: vastuusta tuotteen käyttäjän turvallisuudesta, vastuusta tulevien sukupolvien hyvinvoinnista, vastuusta muille työntekijöille, vastuusta työnantajalle, vastuusta tuotteen loppukäyttäjille sekä vastuusta tuotteen ostajalle.

Yhdellä kurssilla voidaan opettaa useampaakin alakohtaa resurssien mukaan. Ideaalilanteessa, suoritettuaan koko tutkinnon, opiskelija on saavuttanut kaikki CDIO -opetussuunnitelman osaamistavoitteet.

Pilkottaessa osaamistavoitteita eri kurssien kesken tällä tavoin, ei kursseille tarvitse tehdä kovin suuria muutoksia. Eri osaamistavoitteiden kesken voidaan muodostaa opettajaryhmiä, jotka keskenään miettivät miten pilkkovat osaamistavoitteet. Jakamista mietittäessä olisi hyvä pohtia, minkä kurssin luennoitsija hallitsee parhaiten minkäkin osa-alueen.

### 8.3.3 Hyödynnettävien asioiden opettaminen

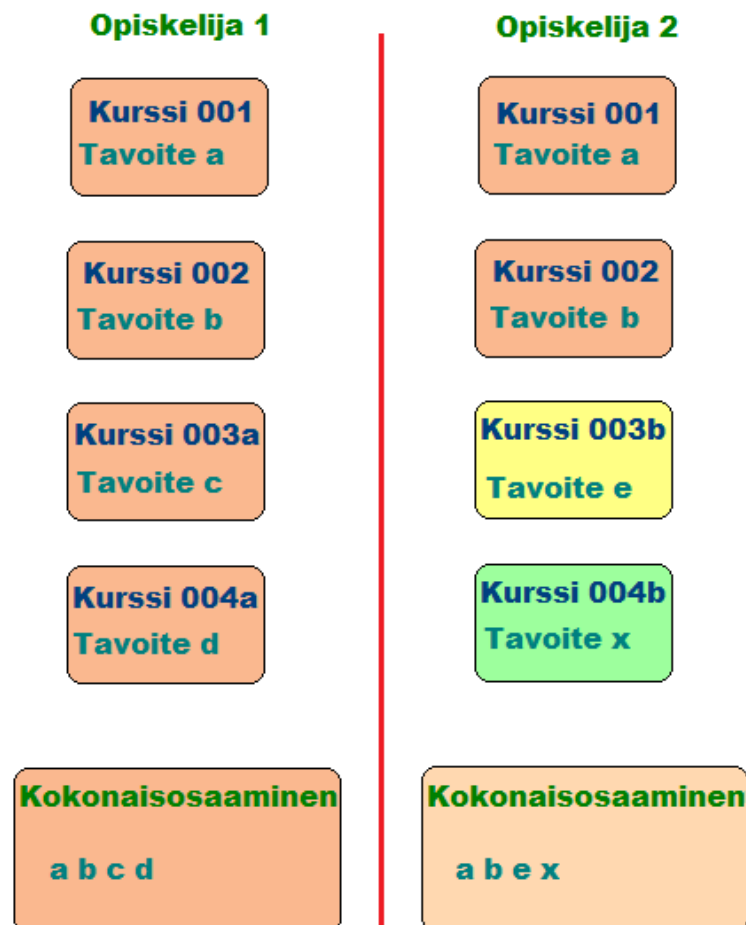
ITU -analyysin ja opetuksen sisältöä koskevan kyselyn tuloksista käy ilmi, että monet tuotantotekniikan opinnoissa tarvittavat perustaidot opetetaan opiskelijoille ensimmäistä kertaa vasta sen jälkeen, kun he ovat jo hyödyntäneet kyseisiä taitoja. Esimerkiksi ryhmätöissä ja projekteissa oleellinen aikataulutus opetetaan tuotekehitysprojekteissa, joka on vasta diplomityövaiheen kurssi.

Ryhmätyöskentelyä ja kommunikointitaitoja ei opeteta kuin muutamalla kurssilla, vaikka niitä hyödynnetään melkein jokaisella kurssilla. Opetussuunnitelmaa tulisikin

parantaa siten, että hyödynnettävistä osa-alueista saataisiin opetusta varsinkin tuotanto-tekniikan opintojen alkuvaiheessa.

### 8.3.4 Opetussuunitelman yhtenäistäminen

CDIO -viitekehyksen kolmannen standardin mukaan laitoksella pitäisi olla yhtenäinen opetusohjelma, jossa kurssit tukevat toisiaan ja muodostavat mielekkäitä kokonaisuuksia. Kokonaisuuksien pitäisi olla sellaisia, että kaikissa kokonaisuuksissa opiskelija oppii tarvittavat CDIO -taidot. Tällä hetkellä laitoksen sisällä on kuitenkin paljon vaihtelua. ITU -matriisista (*Liite 5*) käy ilmi, että esimerkiksi tuotekehitystä opiskeleva opiskelija oppii aivan eri CDIO -taitoja kuin tehdasautomaation opiskelija. Toisaalta on myös mahdollista, että kaksi tuotekehityksen opiskelijaa oppii eri CDIO -taitoja, koska keskenään vaihdannaiset kurssit eivät välttämättä sisällä samojen CDIO -taitojen opetusta (*Kuva 8.6*).



**Kuva 8.6.** Kaksi opiskelijaa, jotka opiskelevat samaa pääainetta, saattavat oppia täysin eri CDIO -taitoja. Kuvassa tavoitteella kuvataan kurssin osaamistavoitteita. Kurssit 003a ja 003b sekä 004a ja 004b ovat keskenään vaihdannaisia. Kumpikin opiskelija saavuttaa kaikki osaamistavoitteet, mutta opiskelija 1 oppii asiat a,b,c ja d, kun taas opiskelija 2 käy hieman eri kurssiyhdistelmän ja oppii asiat a, b, e ja x.



Laitoksen tulisikin selvittää, mitä taitoja opiskelijoiden halutaan oppivan, ja kuinka niiden taitojen toteutuminen varmistetaan eri kurssiyhdistelmillä. Helpoin ratkaisu tähän olisi tehdä laitoksen kursseista selkeitä kokonaisuuksia, joissa keskenään vaihdannaiset kurssit sisältäisivät samoja osaamistavoitteita. On syytä huomata, että vaikka kursseilla on täysin eri aiheet, voivat ne sisältää samoja osaamistavoitteita. Esimerkiksi ongelmanratkaisua, kommunikointitaitoja tai kestävästä kehitystä voidaan opettaa monessa eri ympäristössä.

Kokonaisvaltaisemman oppimisen kannalta olisi myös tärkeää, että laitoksen kurssit liittyisivät enemmän toisiinsa. Samaan aikaan käynnissä olevat kurssit voisivat hyödyntää toisiaan, ja toisaalta kurssilla, jolla on esitietovaatimuksia, voitaisiin käyttää esimerkiksi harjoitustyön lähtöarvoina tuloksia, joita on saatu esitietona käytettävän kurssin harjoitustyöstä. Tämä auttaisi opiskelijoita hahmottamaan, kuinka kokonaisuudet liittyvät toisiinsa, sekä motivoisi tekemään harjoitustöistä hyviä, koska niiden tuloksia tarvittaisiin vielä kurssin jälkeenkin. Samalla opiskelijat oppisivat dokumentoimaan töitä ja työvaiheitaan paremmin, koska tieto pitäisi arkistoida ja tehdä helposti ymmärrettäväksi tulevaisuutta varten.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

CDIO -viitekehys sisältää paljon asioita, jotka ovat teknillisessä opetuksessa itsestään-selvyyksiä. Toisaalta osa varsinkin CDIO -opetussuunnitelman asioista vaikuttaa ensisilmäyksellä varsin abstrakteilta ja ympäröivästä, johtuen osittain kulttuurieroista. Näissä kahdessa asiassa piilee viitekehysten suurin ongelma: yleismaailmallisuuden takia viitekehys ei aluksi tunnu tarjoavan mitään uutta, välillä se taas vaikuttaa liian vaikeasti hyödynnettävältä. Pidemmän pohdinnan ja syventymisen jälkeen kaikkien listojen ja analysointimenetelmien seasta kuitenkin löytyy paljon hyviä näkökulmia.

On selvää, että insinööritieteiden opetuksessa käytännönläheiset opetustavat ovat välttämättömiä - tätä näkemystä tukevat sekä teollisuuden edustajien että alumnienkin mielipiteet. Ei ole suurtakaan merkitystä, tuodaanko CDIO -viitekehysten näkemykset opetukseen juuri tämän viitekehysten avulla vai jollain muulla tavalla, ja se onkin eräs keskeisistä ajatuksista. CDIO -viitekehysten tarkoitus on toimia ohjenuorana. Se tarjoaa opetussuunnitelman, joka toimii muistilistana insinööritieteiden opetusta suunnitteleville. Lista on koottu yhdistelemällä ympäri maailmaa ilmeneviä opetussisällön piirteitä, jotka on vuosien saatossa havaittu tärkeiksi. CDIO -viitekehys ei velvoita käyttäjiään toimimaan tietyllä tavalla; esimerkiksi opetussuunnitelman korostukset kehoitetaan tekemään siten, että viitekehysten käyttäjä konsultoi sidosryhmiään ja muokkaa muutenkin opetussuunnitelmaa oman strategiansa mukaan.

Tuotantotekniikan laitoksella on valmiudet siirtää CDIO -viitekehysten mukaiseen toimintaan nopeallakin aikataululla. Kuten nykytila-analyysistä selviää, moni 12 CDIO -standardin kohta on saanut arvioinnissa nollaa paremman arvosanan. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittavat aloitteet asioiden muuttamiseksi on jo tehty. Varsinkin tuotekehityksen opintokokonaisuuden kurssien suunnittelussa on jo aiemmin huomioitu CDIO:n kannalta keskeisiä elementtejä. Toisaalta myös suurimmalla osalla laitoksen kursseista on olemassa selkeät oppimistavoitteet, yhteistyö teollisuuden kanssa on vahvaa, alumnille tehdään kyselyitä tasaisin väliajoin ja kursseilta kerätään opiskelijapalautetta. Ensimmäisestä CDIO -projektikurssista on luonnos tässä työssä, ja toinenkin projektikurssi on tämän työn kirjoitushetkellä suunnittelun alla. Toki paljon parannettavaakin on: opetusohjelma ei nykyisellään ole yhtenäinen, vaan asiat ovat osittain irrallaan toisistaan. Myöskään aktiivista ja kokemusperäistä oppimista hyödyntäviä kursseja ei ole montaa. Lisäksi useiden kurssien arvosanat muodostuvat edelleenkin perinteiseen tapaan kirjallisen harjoitustyön ja kirjallisen tentin perusteella.

Pahimpana ongelmana voidaan kuitenkin nähdä opiskelijoiden käyttöön tarkoitettujen työtilojen puute: laitoksella ei ole opiskelijoille suunnattuja työstö- tai ryhmätyötiloja ollenkaan. Tämä on tällä hetkellä suuri ongelma, johon pitäisi löytää nopeasti ratkaisu. Tässä työssä esitetyt minimivaatimukset tiloille eivät ole taloudellisesti kovin suuret,

mutta hyviin CDIO -tiloihin kuluisi paljon rahaa ja muita resursseja. Chalmersin malli, jossa yritykset ovat lahjoittaneet vanhoja työkoneita, teriä ja rakennusmateriaalia, voisi helpottaa tilannetta täälläkin. Aluksi laitos voisi kuitenkin panostaa pienempään tilaan ja vaatimattomampiin perinteisiin laitteisiin.

Työtä varten tehdyt kyselyt professoreille ja muulle laitoksen opetushenkilökunnalle nähtiin vaikeaselkoisiksi ja siten vastausprosentti jäi osittain pieneksi. Tämän vuoksi vastauksista ei voida tehdä kovin tarkkoja päätelmiä. Selkeästi on kuitenkin havaittavissa, että laitos panostaa opetuksessaan paljon CDIO:n Conceive- (havainnointi) ja Design- (suunnittelu) osioihin, jotka myös professoreiden mielestä olivat tärkeimpiä asioita. Kuitenkin Implement- (toteuttaminen) ja Operate- (ylläpito) osiot jäävät tällä hetkellä varsin pienelle huomiolle. Tämä asia kuitenkin korjaantuu osittain tulevien projektikurssien myötä.

Yliopiston ja laitoksen strategioissa mainittu kestävä kehitys sekä ajankohtaisuus ja insinöörin vastuut jäävät tällä hetkellä opetuksessa melko vähälle huomiolle. Huomioitavaa on myös se, että ITU -analyysin mukaan laitoksen kursseilla esiintyy varsin paljon U:ta, eli tietämyksen hyödyntämistä suhteessa asioiden opettamiseen. Välillä opiskelijoilta odotetaan myös tietämystä asioista, joita heille ei ole ikinä laitoksen toimesta opetettu.

Lisäämällä aktiivista ja kokemuseräistä opetusta, parantamalla työtiloja ja toteuttamalla CDIO –projekti kurssit, laitos olisi lähempänä CDIO- viitekehyksen täysimittaisesta käyttöönottoa. Lisäksi ITU -analyysin paljastamiin epäkohtiin pitäisi puuttua. Kuitenkaan kaikkea ei voi vaatia laitokselta, vaan osa parannuksista riippuu myös yliopiston linjauksista ja muista laitoksista. Varsinkin työtilojen suhteen laitosten välinen yhteistyö voisi tarjota kaikkia hyödyttäviä ratkaisuja. Tällä hetkellä CDIO- viitekehyksen ehdottama ensimmäisen vuoden tekniikan johdantokurssi on hyvin vaikeasti järjestettävissä, sillä ensimmäisen vuoden kurssit ovat pääasiassa koulutusohjelmakohtaisia perusopintoja, joihin tuotantotekniikan laitos ei voi vaikuttaa.

## LÄHTEET

Andersson, P. 2010. Tohtori, professori, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. Haastattelu: 09.02.2010.

Andersson, P. 2005. Laadukasta opiskelua laatujärjestelmien katveessa – tarua vai totta? [WWW]. [Viitattu 19.05.2010]. Saatavissa: [http://www.mikes.fi/documents/upload/andersson\\_paul\\_h.pdf](http://www.mikes.fi/documents/upload/andersson_paul_h.pdf).

Bankel, J., Berggren, K., Engström, M., Wiklund, I., Crawley, E., Soderholm, D., El Gaidi, K., Östlund, S. 2005. Benchmarking Engineering Curricula with the CDIO Syllabus. The International Journal of Engineering Education 21, 1, pp. 121-133.

Biggs, J. 1996. Enhancing teaching through constructive alignment. Higher Education 32. 504 p.

Bonk, C. J. & Graham, C. R. 2004. Handbook of blended learning. Global Perspectives, local designs. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing. 575 p.

Boud, D. 1985. Problem-based Learning in Education for the Professions. HERDSA. 240 p.

Boud, D. & Feletti, G. 1997. The Challenge of Problem-based Learning. Biddles Ltd. 344 p.

Bragée, J. Tohtori, professori, Chalmersin teknillinen yliopisto. Göteborg. Haastattelu: 04.03.2010.

CDIO Home Page. CDIO – Conceive – Design – Implement – Operate. [WWW]. [Viitattu 22.04.2010]. Saatavissa: <http://www.cdio.org>.

Collins English Dictionary. 2005. HarperCollins Publishers. 1984 s.

Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S. & Brodeur, D. 2007. Rethinking Engineering Education. Springer. 286 p.

Damelio, R. 1995. The Basics of Benchmarking. 80 p.

- D'haese I. & D'heer J. 2009. The Role of Peers in the Assessment of Students' CDIO Skills. [Luentokalvot]. 5th International CDIO Conference Singapore, June 7-10, 2009.
- Edgar, D. 1969. Audiovisual Methods in Teaching. Third Edition. Dryden Press. 719 p.
- Edu - projektiperusteinen oppiminen. 2009. [WWW]. [Viitattu 18.04.2010]. Saatavissa: <http://www.edu.fi/teemat/projektiaihiot/.25.html>.
- Enelund, M. Chalmersin teknillinen yliopisto. Göteborg. Haastattelu: 04.03.2010 & 05.03.2010.
- Engeström, Y. 1982. Perustietoa opetuksesta. Valtiovarainministeriö. 172 s.
- eTutors Portal. 2009. [WWW]. [Viitattu 15.04.2010]. Saatavissa: <http://www.etutors-portal.net/portal-contents/blended>.
- Evertsson, M. Tohtori, professori, Chalmersin teknillinen yliopisto. Göteborg. Haastattelu: 05.03.2010.
- Glegg, G. 1973. The Science of Design. Cambridge University Press. 94 p.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 1999. Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. WSOY. 295 s.
- Hakkarainen, K. Lonka, K. & Lipponen, L. 2005. Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. WSOY. 416 s.
- Ikonen, T., Jussila, J. & Nurmi, K. (toim.) 1984. Korkeakouluopetuksen teoriaa ja käytäntöä. 445 s.
- Jobber, D. 1995. Principles and Practice of Marketing. McGraw-Hill.
- Johannesson, H. Tohtori, professori, Chalmersin teknillinen yliopisto. Göteborg. Haastattelu: 05.03.2010.
- Joutsenvirta, T. & Kukkonen, A. (toim.) 2009. Sulautuva opetus - Uusi tapa opiskella ja opettaa. Juvenes Print. 227 s.
- Karjalainen, A. 2002. Mitä Benchmarking-arvionti on?
- Karjalainen, A., Alha, K. & Jutila, S. 2003. Anna aikaa ajatella. Suomalaisten yliopisto-opintojen mitoitusjärjestelmä. Oulu. Opetuksen kehittämissyksikkö. 85 s.

Karjalainen, A. & Jaakkola, E. 1999. Akateemisen opetussuunnitelman kehittäminen [WWW]. [Viitattu 28.02.2010]. Saatavissa:

<http://www.oulu.fi/opetkeh/julkaisu/materiaalit/ydinainesanalyysi.html>

Karlöf, B. & Östblom, S. 1993. Bechmarking: Tuottavuudella ja laadulla mestariksi. Gummerus. 206 s.

Kettunen, J. 2009. Innovaatiopedagogiikka. Kever-verkkolehti vol. 8 no 3. [WWW]. [Viitattu 18.04.2010]. Saatavissa: <http://ojs.seamk.fi/index.php/kever/issue/current>

Kirjallisuustyöohje. 2006. Teknillinen korkeakoulu, kemian laitetekniikan ja tehdassuunnittelun laboratorio. 11 s.

Kvale, S. 1997. InterViews: an introduction to qualitative research interviewing. SAGE. 326 p.

Lean tuotekehitys – Lean R&D, Lean product development. VTT. [WWW]. [Viitattu 15.04.2010]. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/proj/leanver/files/lean\\_tuotekehitys.pdf](http://www.vtt.fi/proj/leanver/files/lean_tuotekehitys.pdf).

Levonen, J., Joutsenvirta, T. & Parikka, R. 2009. Blended learning - Katsaus sulautuvaan yliopisto-opetukseen. Piirtoheitin Verkko-opetuksen verkkolehti. Numero 3(2) /2005. [WWW]. [Viitattu 15.04.2010]. Saatavissa: <http://www.valt.helsinki.fi/piirtoheitin/sulautus1.htm>

Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. 2004. Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja. Darky Oy. 505 s.

Liker, J. & Morgan, J. 2006. The Toyota Product Development System: Integrating People, Process and Technology. Productivity Press. 377 p.

Malmfors, B. 2009. Teaching methods and science communication. Swedish University of Agricultural Sciences. [WWW]. [Viitattu 29.04.2010]. Saatavissa: <http://agtr.ilri.cgiar.org/Module/module5/Module5.htm>.

Malmqvist, J. Tohtori, professori, Chalmersin teknillinen yliopisto. Göteborg. Haastattelu: 04.03.2010 & 05.03.2010.

Morgan, J. & Liker, J. 2006. The Toyota Product Development System: Integrating People, Process, and Technology. Productivity Press. 398 p.

Pahl, G. & Beitz, W. 1986. Koneensuunnitteluoppi (alkup. Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis). MET. 608 s.

Palfreyman D. 1999. Benchmarking in higher education: A Study Conducted by the Commonwealth Higher Education Management Service. Book Review. Perspectives, Vol 3, p. 71-72. (Karjalainen, A. 2002 lähteenä)

Peltonen, M. 1985. Koulutusoppi. Otava.

Poikela, E. 2004. Ongelmaperustainen pedagogiikka - teoriaa ja käytäntöä. Tampere. Juvenes Print.

Poikela, S. 1998. Ongelmaperustainen oppiminen - Uusi tapa oppia ja opettaa? Tampere. Tampereen Yliopisto. 97 s.

Poikela, S. 2003. Ongelmaperustainen pedagogiikka ja tutorin osaaminen. Akateeminen väitöskirja. Tampere. Tampereen Yliopisto. 332 s.

Rapo, L. 2008. Tuotekehityksen opetuksen kehittäminen kansainvälisen standardin avulla. Tampere. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 86 s.

RT 95-10717. 2002. Toimistotilat, tilasuunnittelu ja -mitoitus. Ohjetiedosto.

Ulrich, K. & Eppinger, S. 2000. Product Design and Development. McGraw-Hill. 358 p.

Vesterinen, P. 2009. Projektiopiskelu ja -oppiminen ammattikorkeakoulussa. Jyväskylän yliopisto. 257 s.

Vuorinen, I. 1995. Tuhat tapaa opettaa. Resurssi. 227 s.

Vonderembse, M. & White, G. 1996. Operations Management. West Publishing Company. 845 p.

www.cdio.org: [Towards a New Model for First-Year Introductory Courses in Engineering Education Programmes]

Virtuaaliyliopisto. 2004 [WWW]. [Viitattu 7.4.2010]. Saatavissa: [http://www.virtuaaliyliopisto.fi/tiedotteet/2004/vy\\_svy\\_tiedote\\_0412\\_fin.html#alku](http://www.virtuaaliyliopisto.fi/tiedotteet/2004/vy_svy_tiedote_0412_fin.html#alku).





## LIITE 2: BOEINGIN KRITEERIT

### Desired Attributes of an Engineer

- ▶ A good understanding of engineering science fundamentals.
  - ▶ Mathematics (including statistics)
  - ▶ Physical and life sciences
  - ▶ Information technology (far more than "computer literacy")
- ▶ A good understanding of design and manufacturing processes.
  - ▶ (i.e., understands engineering)
- ▶ A multi-disciplinary, *systems* perspective.
- ▶ A basic understanding of the *context* in which engineering is practiced.
  - ▶ Economics (including business practices)
  - ▶ History
  - ▶ The environment
  - ▶ Customer and societal needs
- ▶ Good communication skills.
  - ▶ Written, oral, graphic and listening
- ▶ High ethical standards.
- ▶ An ability to think both critically and creatively - independently and cooperatively.
- ▶ Flexibility. The ability and self-confidence to adapt to rapid or major change.
- ▶ Curiosity and a desire to learn for life.
- ▶ A profound understanding of the importance of teamwork.

**Note:** This is a list of basic, durable *attributes* into which can be mapped specific *skills* reflecting the diversity of the overall engineering environment in which we in professional practice operate. In specifying desired attributes (i.e., desired outcomes of the *educational process*), we avoid specifying *how* a given university goes about meeting industry needs. Curriculum development is viewed as a university task to be done in cooperation with their "customers," and in recognition of their own local resources and constraints. Industry, as an important customer, must be an active partner in this process.

## LIITE 3: CDIO - OPETUSSUUNNITELMA

### APPENDIX F. The CDIO Syllabus (v. 2.0) and the CDIO+LE Syllabus

May 2009

With minor clarifications and additions, principally on Sustainability and National Standards,  
 Additions that make it the CDIO+EL Syllabus (Entrepreneurship, Leadership) in blue  
 Coordinated with UNESCO four pillars  
 Entrepreneurship and Leadership are added as part of the CDIO+EL Syllabus

- 1 DISCIPLINARY (SUBJECT-BASED) KNOWLEDGE AND REASONING (was TECHNICAL KNOWLEDGE AND REASONING) (UNESCO: Learning to know)
  - 1.1. KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCES [a]
  - 1.2. CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE [a]
  - 1.3. ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE, METHODS AND TOOLS [k]
- 2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES (UNESCO: Learning to be)
  - 2.1. ANALYTICAL REASONING AND PROBLEM SOLVING (was ENGINEERING REASONING AND PROBLEM SOLVING) [e]
    - 2.1.1. Problem Identification and Formulation
    - 2.1.2. Modeling
    - 2.1.3. Estimation and Qualitative Analysis
    - 2.1.4. Analysis With Uncertainty
    - 2.1.5. Solution and Recommendation
  - 2.2. EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY [b]
    - 2.2.1. Hypothesis Formulation
    - 2.2.2. Survey of Print and Electronic Literature
    - 2.2.3. Experimental Inquiry
    - 2.2.4. Hypothesis Test, and Defense
  - [Revise text one layer down to include the issues of human and social science research]
  - 2.3. SYSTEM THINKING
    - 2.3.1. Thinking Holistically
    - 2.3.2. Emergence and Interactions in Systems
    - 2.3.3. Prioritization and Focus
    - 2.3.4. Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution
  - 2.4. CREATIVE AND CRITICAL THINKING, LEARNING AND PERSONAL RESOURCES (was PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES)
    - 2.4.1. (Moved to 2.5.6)
    - 2.4.2. (Moved to 2.5.8 and 2.5.9)
    - 2.4.3. Creative Thinking
    - 2.4.4. Critical Thinking
    - 2.4.5. Self-awareness and Meta-cognition (was Awareness of One's Personal Knowledge, Skills, and Attitudes)
    - 2.4.6. Lifelong Learning and Educating Others [i] (was Curiosity and Lifelong Learning)
    - 2.4.7. Time and Resource Management
    - 2.4.8. Knowledge Integration (Ensembling)
  - 2.5. ETHICS, PROFESSIONAL RESPONSIBILITY, EQUITY, AND OTHER CORE PERSONAL VALUES (was PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES )
    - 2.5.1. Ethics, Integrity and Social Responsibility [f] (was Ethics, Integrity, Responsibility and Accountability)
    - 2.5.2. Professional Behavior and Responsibility [f]
    - 2.5.3. Proactively Planning for One's Career
    - 2.5.4. Staying Current on the World of Engineering
    - 2.5.5. Equity and Diversity
    - 2.5.6. Initiative and the Willingness to Make Decisions in the Face of Uncertainty (moved from 2.4.1, was Initiative and Willingness to Take Risks)
    - 2.5.7. Responsibility, Urgency and Will to Deliver (moved from 2.4.2 was part of Perseverance and Flexibility, and 2.5.1 Professional Ethics, Integrity, Responsibility and Accountability)
    - 2.5.8. Resourcefulness and Flexibility (moved from 2.4.2 was part of Perseverance and Flexibility)
    - 2.5.9. Trust and Loyalty
    - 2.5.10. Vision and Intention in Life

- 3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION (UNESCO: Learning to live together)
  - 3.1. TEAMWORK [d]
    - 3.1.1. Forming Effective Teams
    - 3.1.2. Team Operation
    - 3.1.3. Team Growth and Evolution
    - 3.1.4. Team Leadership (was leadership)
    - 3.1.5. Technical and Multi-disciplinary Teaming (was Technical Teaming)
  - 3.2. STRUCTURED COMMUNICATIONS [g] (was Communications)
    - 3.2.1. Communications Strategy
    - 3.2.2. Communications Structure
    - 3.2.3. Written Communication
    - 3.2.4. Electronic/Multimedia Communication
    - 3.2.5. Graphical Communication
    - 3.2.6. Oral Presentation (was Oral Presentation and Inter-Personal Communications)
  - 3.3. COMMUNICATIONS IN A FOREIGN LANGUAGE
    - 3.3.1. Communications in English
    - 3.3.2. Communications in languages of regional industrial nations (was incorrectly "of the EU")
    - 3.3.3. Communications in other languages (was incorrectly "outside the EU")
  - 3.4. INFORMAL COMMUNICATIONS: RELATING TO OTHERS
    - 3.4.1. Inquiry, Listening and Dialog
    - 3.4.2. Negotiation, Compromise and Conflict Resolution
    - 3.4.3. Advocacy
    - 3.4.4. Establishing Diverse Connections (Grouping)
- 4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT – INNOVATION (UNESCO: Learning to do)
  - 4.1. EXTERNAL, SOCIETAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL CONTEXT [h]
    - 4.1.1. Roles and Responsibility of Engineers
    - 4.1.2. The Impact of Engineering on Society and the Environment
    - 4.1.3. Society's Regulation of Engineering
    - 4.1.4. The Historical and Cultural Context
    - 4.1.5. Contemporary Issues and Values [j]
    - 4.1.6. Developing a Global Perspective
    - 4.1.7. Sustainability and the need for sustainable development
  - 4.2. ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT
    - 4.2.1. Appreciating Different Enterprise Cultures
    - 4.2.2. Enterprise Stakeholders, Strategy and Goals (was Enterprise Strategy, Goals, and Planning)
    - 4.2.3. Technical Entrepreneurship (Expanded in 4.8 of the CDIO+LE Syllabus)
    - 4.2.4. Working in Organizations (successfully omitted)
    - 4.2.5. Engineering Project Finance and Economics (added, was in 4.2.2.)
    - 4.2.6. New Technology Development, Assessment and Infusion (added, was in 4.2.2.)
  - 4.3. CONCEIVING, SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT (WAS CONCEIVING AND ENGINEERING SYSTEMS) [c]
    - 4.3.1. Understanding Needs and Setting Goals (was Setting System Goals and Requirements)
    - 4.3.2. Defining Function, Concept and Architecture
    - 4.3.3. Modeling of System and Insuring Goals Can Be Met
    - 4.3.4. System Engineering and Development Project Management (was Development Project Management)
  - 4.4. DESIGNING [c]
    - 4.4.1. The Design Process
    - 4.4.2. The Design Process Phasing and Approaches
    - 4.4.3. Utilization of Knowledge in Design
    - 4.4.4. Disciplinary Design
    - 4.4.5. Multidisciplinary Design
    - 4.4.6. Design for Sustainability, Safety, Operability, Aesthetics and other Objectives (was Multi-Objective Design (DFX) )
  - 4.5. IMPLEMENTING [c]
    - 4.5.1. Designing a Sustainable Implementation Process (was Designing the Implementation Process)
    - 4.5.2. Hardware Manufacturing Process

- 4.5.3. Software Implementing Process
- 4.5.4. Hardware Software Integration
- 4.5.5. Test, Verification, Validation, and Certification
- 4.5.6. Implementation Management
- 4.6. OPERATING [c]
  - 4.6.1. Designing and Optimizing Sustainable and Safe Operations (was Designing and Optimizing Operations)
  - 4.6.2. Training and Operations
  - 4.6.3. Supporting the System Lifecycle
  - 4.6.4. System Improvement and Evolution
  - 4.6.5. Disposal and Life-End Issues
  - 4.6.6. Operations Management
- 4.7. LEADING ENGINEERING ENDEAVORS [in CDIO+EL Syllabus]
 

Engineering Leadership builds on factors already included above, including:

  - **Core Personal Values and Character of Leadership** including topics in Ethics, Professional Responsibility, Equity, and Other Core Personal Values (2.5), and Self-Awareness and Meta-cognition (2.4.5), and Lifelong Learning and Educating Others (2.4.6)
  - **Relating to Others**, including topics in Informal Communications (3.4) Teamwork (3.1) and Structured Communications (3.2), and potentially Communications in a Foreign Language (3.3)
  - **Making Sense of Context**, including topics in External, Societal and Natural Context (4.1); Enterprise and Business Context (4.2) and System Thinking (2.3)

In addition there are several topics that constitute creating a **Purposeful Vision (Enterprising)**:

  - 4.7.1. Thinking Creatively and Imagining Possibilities (which builds on and expands Creative Thinking 2.4.3)
  - 4.7.2. Defining the Solution (which builds on and expands Understanding Needs and Setting Goals 4.3.1)
  - 4.7.3. Creating New Solution Concepts (which builds on and expands 4.3.2 and 4.3.3)

And several topics that lead to **Realizing the Vision (Engineering)**

  - 4.7.4. Building and Leading and Organization and Extended Organization (which builds on 4.2.4)
  - 4.7.5. Planning and Managing a Project to Completion (which builds on 4.3.4)
  - 4.7.6. Exercising Project/Solution Judgment
  - 4.7.7. Innovation – the conception, design and introduction of new goods and services (which builds on 4.4)
  - 4.7.8. Invention – the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services
  - 4.7.9. Implementation and Operation – the creation and operation of the goods and services that will deliver value (which are the leadership of 4.5 and 4.6)

These last three items are in fact the leadership of the core processes of engineering: conceiving, designing, implementing and operating
- 4.8. ENGINEERING ENTREPRENEURSHIP [in CDIO+EL Syllabus]
 

Engineering Entrepreneurship includes by reference all of the aspects of Societal and Enterprise Context (4.1 and 4.2), all of the skills of Conceiving, Designing, Implementing and Operating (4.3 – 4.6) and all of the elements of Engineering Leadership (4.7). In addition, there are the Entrepreneurship specific skills:

  - 4.8.1. Company Founding, Formulation and Organization
  - 4.8.2. Business Plan Development
  - 4.8.3. Company Capitalization and Finances
  - 4.8.4. Innovative Product Marketing
  - 4.8.5. Conceiving products and services around new technologies
  - 4.8.6. The Innovation System, Networks, Infrastructure and Services
  - 4.8.7. Building the Team and Initiating Engineering Processes (conceiving, designing, implementing and operating)
  - 4.8.8. Managing Intellectual Property

## LIITE 4: ONGELMALÄHTÖISEN OPPIMISPROSESSIN SEITSEMÄN ASKELEEN MALLI

Askel	Selitys	Perustelu
<b>1. Epäselvien käsitteiden selvittäminen</b>	Opiskelijat etsivät käsitteet, joiden merkitys ei ole heille selvä.	On tärkeää luoda turvallinen ilmapiiri, jossa voi rehellisesti tunnustaa ettei ymmärrä. Opettaja voi auttaa käsitteiden selvittämisessä. Epäselvät käsitteet ovat ymmärtämisen este. Selvittäminen aloittaa oppimisprosessin.
<b>2. Ongelman määrittely</b>	Opiskelijat keskusteleval avoimesti ongelmasta.	Opettaja rohkaisee kaikkia osallistumaan. Ryhmän jäsenillä voi olla erilaisia näkökulmia ongelmaan. Näkemyksien vertaaminen ja yhdistäminen laajentaa ja syventää ongelman määrittelyä.
<b>3. Aivoriihi</b>	Opiskelijat pyrkivät muodostamaan, testaamaan ja vertailemaan erilaisia hypoteeseja ja selitysmalleja.	Opettaja pyrkii pitämään keskustelun hypoteettisella tasolla ja estää menemästä yksityiskohtaiseen analyysiin liian nopeasti. Vaiheessa hyödynnetään opiskelijoiden aikaisempia tietoja ja toisilta oppimista. Onnistunut aivoriihi tukee syvänsuuntautunutta ymmärrykseen tähtäävää oppimista pintasuuntautuneen faktapainotteisen oppimisen sijasta.
<b>4. Ilmiötä kuvaavan selitysmallin rakentaminen</b>	Ryhmän määrittelemä ongelma analysoidaan yksityiskohtaisesti erilaisia selitysmalleja vertaamalla. Aivoriihessä esille tulleita ajatuksia perustellaan ja järjestellään suuremmiksi kokonaisuuksiksi.	Vaiheen aikana prosessoidaan ja organisoidaan aktiivisesti olemassa olevaa tietoa ja määritellään aukot tiedoissa ja ymmärryksessä. Oppimistavoitteita ei saa lyödä lukkoon vielä tässä vaiheessa, koska tavoitteista voisi tulla liian laajat tai pinnalliset.

<b>5. Oppimistavoitteiden määrittely</b>	Opiskelijat kirjaavat ylös yhteiset oppimistavoitteet, jotka ohjaavat itsenäistä opiskelua.	Opettaja huolehtii, että oppimistavoitteet ovat riittävän selkeät ja spesifit sekä saavutettavissa käytävissä olevassa ajassa.
<b>6. Itsenäinen opiskelu</b>	Opiskelijat perehtyvät itsenäisesti aiheeseen. Tässä vaiheessa voidaan myös järjestää luento- ja itsenäisen opiskelun tueksi.	Uuden tiedon hankkiminen ja rakentaminen on tärkeä osa oppimisprosessia.
<b>7. Itsenäisen opiskelun tulosten jakaminen</b>	Keskustelu lähtee liikkeelle oppimistavoitteista. Opiskelijat vertaavat uusia tietojaan ja auttavat toisiaan ymmärtämään opiskeltua aihetta. Keskustelun tavoitteena on perusteellinen analyysi ongelmasta.	Yhteisen synteesin tekeminen ongelmasta syventää oppimista, auttaa tiedostamaan epäselväksi jääneitä asioita ja antaa evästeitä eteenpäin. Viimeisessä vaiheessa on myös tärkeää, että ryhmä arvioi, kuinka hyvin oppimistavoitteisiin päästiin.















	Assembly Technologies and Systems	Automation Technologies for Intelligent Manufacturing Systems	Control in Robotics and Automation	Control in Robotics and Automation: Advanced Course	Design of Robot Systems	Digital Manufacturing	Factory Communication Systems	Factory Information Systems	Formal Methods in Factory Automation	Innovointi	Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon projektiyo, CDIO	Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon syventävä projektiyo	Introduction to Modeling and Simulation (CAD/CAM)	Johdanto robotiikkaan ja automaatioon	Knowledge Representation and Reasoning Machines	Laadun ohjaus	Laatu- ja mittaus tekniikat	Laboratory Course in Robotics and Automation	Machine Vision and Optical Measurements	Micro and Desktop Manufacturing	Modulointi	System Engineering in Factory Automation	Teollinen muotoilu	Teollisen muotoilun harjoitukset	Tuotantokonseptit ja -järjestelmät	Tuotantotekniikan perusteet	Tuotekehitys	Tuotekehitysojektit	Tuotetiedon hallinta	Tuotettavuuden suunnittelu, DFX	Valmistustekniikan jatkokurssi	Valmistustekniikat (ja järjestelmät)		
4.4 SUUNNITTEL	4.4.4 Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu (Disciplinary Design)	T	T,U	T,U	T,U	T	T,U	T,U	T,U	T,U	U	U		T	T,U		U	U	U	I	I	T	T,U				T	T,U	T,U	T,U	T,U	T,U	T	
	4.4.5 Monitieteellinen suunnittelu (Multidisciplinary Design)	T			T	T				I	U	U								I	I	T,U						I			T,U			
	4.4.6 DFX (Design for sustainability, safety, operability, aesthetics and other objectives)	T,U		U	U	U					U	U		T						I	I	T		T			T	I	T,U	T,U	T,U	T,U	T	
	4.5.1 Kestävän toteuttamisprosessin suunnittelu (Designing a sustainable Implementation Process)	T								T,U										U	U	T					I				T,U			
4.5 TOTEUTTAMINEN (IMPLEMENTING) [6]	4.5.2 Laitteiston valmistusprosessi (Hardware Manufacturing Process)													T						U	U	T					I							
	4.5.3 Ohjelmiston käyttöönottoprosessi (Software Implementing Process)																			U	U	T												
	4.5.4 Laitteiston ja ohjelmiston yhdistäminen (Hardware Software Integration)		T,U	T,U	T,U	T,U	T	T,U	T,U					I	T,U				U	U	T	T,U											T	
	4.5.5 Testaaminen, varmistaminen, vahvistaminen ja kelpuuttaminen (Test, Verification, Validation, and		T,U	T,U	T,U	T,U	T	T,U	T,U	T,U				T					U	U	U	U					T							T
4.5 TOTEUTTAMINEN, SUUNNITTELU, KÄYTTÖYHTIYKSISSÄ JA KÄYTTÖYHTIYKSISSÄ - INNO	4.5.6 Toteutus- ja käyttöönottoprosessien johtaminen (Implementation Management)																			U	U	U					T							
	4.6.1 Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu ja optimointi (Designing and Optimizing sustainable and safe	T				I			T,U		U	U			T,U					I	I	I									T			T
	4.6.2 Koulutus ja toiminta (Training and Operations)																																	
	4.6.3 Järjestelmän elinkaaren tukeminen (Supporting the System Lifecycle)	T				I				T,U										I	I	T,U					I				I			T





## LIITE 6: TUOTANTOTEKNIIKAN LAITOKSEN NYKYTILA-ANALYYSI

	CDIO-STANDARDI	NYKYTILANNE	ARVIO	TOIMENPITEET
1	CDIO viitekehysenä	Pääasiassa laitoksen opetus ei perustu viitekehysen. Laitoksella kuitenkin joitakin kursseja, jotka ovat joiltakin osin viitekehysen mukaisia. Nämä kurssit kuuluvat tuotekehityksen pääainekokonaisuuteen. CDIO on otettu osaksi laitoksen kehityssuunnitelmia.	1	CDIO -viitekehys omaksutaan opetuksen periaatteeksi koko laitoksella ja kaikilla laitoksen kursseilla.
2	Oppimistulokset	Usealla kurssilla on selkeät osaamistavoitteet, jotka opiskelija voi katsoa ennen kurssia. Tulevassa opinto-oppaassa osaamistavoitteet on määritelty joka kurssille.	3	Osaamistavoitteiden yhtenäistäminen opetusohjelman tavoitteiden kanssa. Osaamistavoitteiden selkeyttäminen.
3	Kokonaisvaltainen ja yhtenäinen opetusohjelma	Osa kurssista tukee toisiaan, mutta osa kurssista on irrallaan kokonaisuudesta. Monella kurssilla on päällekkäisyyksiä.	2	Kokonaisuuden yhtenäistäminen ja päällekkäisyyksien karsiminen kursseilta.
4	Johdantokurssi tekniikkaan	Laitoksella ei ole kyseistä kurssia.	1	Jotta ensimmäisen vuoden opiskelijoilla voidaan järjestää johdantokurssi, on CDIO otettava käyttöön koko koulutusohjelmassa.
5	Suunnittelusta toteutukseen – oppimiskokemukset	Laitos suunnittelee kursseja, joilla on kyselyisiä oppimiskokemuksia.	2	CDIO -projektikurssit täytyy suunnitella loppuun asti ja ottaa käyttöön.
6	Tekniikan opettamiseen sopivat työtilat	Työtiloja ja –koneita on, mutta ne eivät tällaisenaan sovellu käytettäväksi projektikursseille. Tilat ovat liian pieniä.	1	Työtiloja lisättävä tai entisiä suurennettava. Työstökoneita saatava lisää opiskelijoiden käyttöön. Suunnittelutiloja saatava lisää.
7	Yhdistetyt oppimiskokemukset	Harjoitukset keskittyvät pääasiassa vain yhteen aiheeseen kerralla.	2	Yhdessä harjoituksissa tulee käydä läpi useaa eri aihe. Teollisuuden kanssa oltava yhteistyössä enemmän.
8	Aktiivinen ja kokemusperäinen oppiminen	Kurssien opetus on pääasiassa massaluento-tyyppistä, joissa opiskelijoita ei juurikaan aktivoida.	2	Aktiivista ja kokemusperäistä oppimista lisättävä.
9	Opetushenkilökunnan CDIO -taitojen lisääminen	?		
10	Opetushenkilökunnan opetustaitojen lisääminen	?		
11	Oppimisen arviointi	Suurimmalla osalla laitoksen kurssista käytössä perinteinen tentti-arvostelu. Kokonaisvaltainen arviointi puuttuu. Kurssilta kerätään opiskelijoiden palautetta.	2	Muutkin taidot kuin ulkoa opetteleminen saatava arvioinnin piiriin. Opiskelijoiden saama palaute saatava monipuolisemmaksi.
12	Opetusohjelman arviointi	?		

# LIITE 7: ENSIMMÄISEN PROJEKTIKURSSIN TOIMINTASUUNNITELMA

Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon projektityö, CDIO  
Tuotantotekniikan laitos

## Toimintasuunnitelma

### 1. Projektin aloitus

Askel	Toiminto	Metodi/Työkalu	Tavoite/Maali	Välinäyttö
1.1	Projektin määrittelyminen		Määritä projektin sidosryhmät. Määritä mitä projekti tuottaa (materiaalisesti, ei taloudellisesti). Määritä rajat.	1
1.2	Projektsuunnitelma		Määritä projektille aikataulu ja arvioi tarvittavat resurssit. Määritä välitavoitteet ja tee Gantt-kaavio.	1
1.3	Ryhmän muodostaminen		Määritä ryhmälle johtaja ja muut sisäiset roolit. Suunnittele kierto ryhmän jäsenille (esim. johtajan vaihdot). Jaa vastuut (mitä tehdään yhdessä ja mitä yksin).	1
1.4	Pelissäännöt		Mieti suhtautuminen ryhmän sisäisiin rooleihin (esim. ryhmän johtajaan suhtautuminen). Mieti mitä sääntöjä täytyy olla (esim. suhtautuminen myöhästymisiin ryhmän omista tapaamisista).	1
1.5	Projektin ohjaus- ja seurantajärjestelmä		Analysoi projektin riskit ja etsi sopivat mittarit. Laadi menetelmät ohjaukseen ja seurantaan.	1



Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon projektityö, CDIO  
 Tuotantotekniikan laitos

## 2. Määrittele tuote

2.1	Asiakasyhteistyö tuotteen elinkaaren aikana.		Käy läpi tuotteen elinkaari ja etsi kohdat, joissa asiakasarvoa voi lisätä.	2
2.2	Tuotteen ympäristövaikutukset elinkaaren aikana.		Määritä tuotteen ympäristövaikutukset sen elinkaaren eri vaiheissa. Mieti kuinka ympäristövaikutuksia voidaan vähentää.	2
2.3	Asiakasarvon muodostuminen ja tuotespesifikaatiot		Määritä tuotteen pää-, täydentävät- ja ei-toivotut toiminnot.	2
2.4	Tuotteen sijainti s-käyrällä		Määritä tuotteen sijainti s-käyrällä ja muodosta strategia jatkokehitykselle.	2

Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon projektityö, CDIO  
 Tuotantotekniikan laitos

### 3. Tavoita "asiakkaan ääni"

3.1	Käyttäjän äänen tavoittaminen, "Voice of the Customer"		Tunnista asiakkaan kannalta kriittiset vaatimukset.	3
3.2			Määritä muualta kuin asiakkaalta tulevat vaatimukset.	3
3.3			Mihin alan pioneerit ovat matkalla?	3

### 4. Analysoi vaihtoehtoisia ratkaisuja

4.1	Tunnettujen konseptien ja ideoiden tutkiminen		Luetteloit tunnettuja konsepteja ja tee niistä muunnelmia. Selvitä vähintään viisi tapaa, jolla pääfunktio voidaan suorittaa.	3
4.2			<i>Etsi olemassaoleva ratkaisu.</i>	3
4.2	Toimintakaavio		Piirrä tuotteesta toimintakaavio ja tunnista tuotteen vahvat ja heikot osat.	3

## 5. Valitse paras konsepti

5.1	Vaihtoehtoisten konseptien muodostaminen		Muodosta uusia konsepteja, joilla voidaan saavuttaa korkeampi asiakasarvo (Hyödynnä tässä toimintakaaviota).	4
5.2	Konseptien jatkokehittäminen		Kehitä uusia konsepteja eteenpäin.	4
5.3	Parhaiden ratkaisujen yhdistäminen		Käytä Pughin analyysia tai morfologista matriisia yhdistelläkseen eri konseptien parhaita ominaisuuksia.	4
5.4	Parhaan konseptin valinta		Karsi pois huonot konseptit ja muodosta periaatteellinen ratkaisu.	4

## 6. Kirjoita lopullinen vaatimuslista

6	Lopullinen vaatimuslista valitulle konseptille		Aseta lopulliset vaatimukset pää-, täydentäville- ja ei-toivotuille toiminnoille ja kustannuksille. Huomioi myös käyttäjän turvallisuus	4
---	--	--	--	---

## 7. Laadi suunnitelma konseptin toteuttamiselle

7.1	Systeemiarkkitehtuuri		Modularisoi tuote toimintamallia apunakäyttäen. Tee puudiagrammi, josta ilmenee tuotteen eri moduulien rajapinnat; mitä kehitetään itse ja mitä hankitaan muualta. Kuvaile moduulien toiminnot. Tee rajapintamatriisi josta selviää, miten eri moduulit ovat toisistaan riippuvaisia.	6
7.2	Yksityiskohtainen suunnittelu ja mallintaminen		Mallinna ja mitoit kriittiset osasysteemit  Mallinna osat CAD-ohjelmalla.	6
7.3	Yksityiskohtainen suunnittelu ja mallintaminen		Tee tarvittavat laskelmat mitoituksen tueksi.	6
7.4	Tuotannon mukauttaminen ja kustannusarvion laatiminen		Laadi kustannusarvio.	6
7.5	Tuotannon mukauttaminen ja kustannusarvion laatiminen		Arvioi tuotteen valmistettavuus ja tuotannon muutoksista aiheutuvat kustannukset.	6


## 8. Toteuta konsepti

8.1	Prototyypin toteuttaminen		Mallinna tuote ja rakenna ensimmäinen fyysinen proto. Mieti mitkä ovat oleellisia testattavia asioita.	7
8.2	Toimivuuden testaaminen		Simuloi käytännön toimintaa ja arvioi tuloksia.	8
8.3	Tavoitteiden saavuttamisen analysointi		Arvioi tavoitteiden täyttyminen. Jos et saavuttanut tavoitteita, arvioi pitäisikö palata kohtaan 5.	8

## 9. Esitä ja dokumentoi

9.1	Dokumentointi ja esitys		Dokumentoi työskentelyprosessi, valittu konsepti ja kokemuksesi työstä.	8
9.2	Loppuesitys		Valmistele ammattimainen loppuesitys.	

# LIITE 8: ENSIMMÄISEN PROJEKTIKURSSIN VAA- TIMUSLISTA

 Tampereen Teknillinen Yliopisto		Vaatuslista		24.05.2010 / 3.0	
Tuotantotekniikka		Ensimmäinen CDIO-projektikurssi			
Muutokset	V	Vaatumukset		Tärkeys	Vastaava
	T				
	V	Mitoitus	4 op (=noin 108 tuntia työtä)		
	V		16 opetusviikkoa + 2 tenttiä/viikkoa		
	V		2 periodin kurssi		
	V	CDIO	2.1.1 Ongelman tunnistaminen ja muotoilu (Problem Identification and Formulation)		
	V		2.1.2 Mallintaminen (Modeling)		
	V		2.1.3 Arvionti ja laadullinen analysointi (Estimation and Qualitative Analysis)		
	V		2.1.4 Epävarmuuden analysointi (Analysis With Uncertainty)		
	V		2.1.5 Ratkaisu ja suositukset (Solution and Recommendation)		
	V		2.2.1 Olettamuksien muotoilu (Hypothesis Formulation)		
	V		2.2.2 Painetun ja elektronisen kirjallisuuden tutkimus (Survey of Print and Electronic		
	V		2.2.3 Kokeellinen tutkimus (Experimental Inquiry)		
	V		2.2.4 Olettamuksien testaaminen ja puolustaminen (Hypothesis Test, and Defense)		
	V		2.3.1 Kokonaisvaltainen ajattelu (Thinking Holistically)		
	V		2.3.2 Systemien kehittyminen ja vuorovaikutus (Emergence and Interactions in Systems)		
	V		2.3.3 Tärkeiden määritys ja huomion kohdistaminen (Prioritization and Focus)		
	V		2.3.4 Kompromissit, arviointi ja tasapaino ratkaisuissa (Trade-offs, Judgment and Balance in		
	T		2.4.2 Pitkäjänteisyys ja joustavuus (Perseverance, resourcefulness, flexibility, responsibility,		
	T		2.4.3 Luova ajattelu (Creative Thinking)		
	T		2.4.4 Kriittinen ajattelu (Critical Thinking)		
	V		2.4.7 Ajan ja resurssien hallinta (Time and Resource Management)		
	T		2.5.2 Ammatillainen käyttäytyminen (Professional Behavior and responsibility)		

	T		3.1.1 Tehokkaiden ryhmien muodostaminen (Forming Effective Teams)			
	V		3.1.2 Ryhmytyöskentely (Team Operation)			
	T		3.1.3 Ryhmän kasvu ja kehittyminen (Team Growth and Evolution)			
	T		3.1.4 Ryhmän johtaminen (Team leadership)			
	T		3.1.5 Tekniset ja monialaiset ryhmät (Technical and multi-disciplinary teaming)			
	V		3.2.3 Kirjallinen kommunikointi (Written Communication)			
	V		3.2.4 Sähköinen kommunikointi (Electronic/Multimedia Communication)			
	V		3.2.5 Graafinen kommunikointi (Graphical Communication)			
	V		3.2.6 Suullinen kommunikointi (Oral Presentation)			
	V		3.2.7 Kuunteleminen ja keskustelu, "diskuteeraus" (Inquiry, listening, and dialog)			
	V		3.2.8 Neuvottelu (Negotiation, compromise and conflict resolution)			
	V		3.2.9. Puolesta puhuminen, ajatusten kannattaminen (Advocacy)			
	V		3.2.10. Sosiaalinen verkostoituminen (Establishing diverse connections, networking)			
	T		4.1.1 Insinöörin roolit ja vastuut (Roles and Responsibility of Engineers)			
	T		4.1.2 Tekniikan vaikutus yhteiskuntaan ja ympäristöön (The Impact of Engineering on Society)			
	T		4.1.3 Yhteiskunnan tekniikkaa koskevat säädökset (Society's Regulation of Engineering)			
	V		4.1.7 Kestävä kehitys (Sustainability and the need for sustainable development)			
	T		4.2.5 Projektien talous (Engineering project finance and economics)			
	V		4.3.1 Tarpeiden ymmärtäminen ja tavoitteiden asettaminen (Understanding needs and setting goals)			
	V		4.3.2 Tehtävien, konseptin ja arkkitehtuurien määrittäminen (Defining Functions, Concept and Architecture)			
	V		4.4.1 Suunnitteluprosessi (The Design Process)			
	V		4.4.2 Suunnitteluprosessin vaiheistus ja menetelytavat (The Design Process Phasing and Approaches)			
	V		4.4.3 Tietämyksen hyödyntäminen suunnittelussa (Utilization of Knowledge in Design)			
	V		4.4.4 Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu (Disciplinary Design)			
	T		4.4.5 Monitieteellinen suunnittelu (Multidisciplinary Design)			
	V		4.4.6 DFX (Design for sustainability, safety, operability, aesthetics and other objectives)			
	V		4.5.2 Laitteiston valmistusprosessi (Hardware Manufacturing Process)			
	V		4.5.5 Testaaminen, varmistaminen, vahvistaminen ja kelpuuttaminen (Test, Verification, Validation, and Certification)			



	V		4.6.1 Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu ja optimointi (Designing and Optimizing sustainable and safe Operations)		
	V		4.6.3 Järjestelmän elinkaaren tukeminen (Supporting the System Lifecycle)		
	V		4.6.5 Hävittäminen ja käytön lopettamiseen liittyvät asiat (Disposal and Life-End Issues)		
	V		4.7.2 Ratkaisun määrittäminen (Defining the solution)		
	T		4.7.3 Uusien ratkaisumallien luominen (Creating new solution concepts)		
	T		4.7.5 Projektin suunnittelu ja johtaminen (Planning and managing a project to completion)		
	T		4.7.6 Exercising project/solution judgment		
	T		4.7.7 Innovaatiot - konseptointi, suunnittelu ja esittely (Innovation - the conception, design and introduction of new goods and services)		
	T		4.7.8 Keksinnöt - materiaalit tai prosessit, jotka mahdollistavat uusien laitteiden kehittämisen (Invention - the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services)		
	T		4.7.9 Toteuttaminen ja operaatiot - lisäarvoa tuottavien tuotteiden ja palveluiden luominen (Implementation and operation - the creation and operation of the goods and services that will deliver value)		
	T		4.8.5 Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen uusien teknologioiden ympärille (Conceiving products and services around new technologies)		
	T		4.8.7 Ryhmän rakentaminen ja suunnitteluprosessin aloittaminen (Building the team and initialing engineering processes)		
	V				
			<b>Opittavat asiat</b>		
	V		Projektin määritteleminen		
	V		Projektsuunnitelman laatiminen		
	V		Elinkaariajattelu asiakkaan ja ympäristön kannalta		
	V		Asiakasarvon määrittäminen ja tuotespesifikaatiot		
	V		"Asiakkaan ääni"		
	V		Toimintojen analysointi		
	V		Konseptien yhdistäminen ja kehittäminen		
	V		Toimintojen mallintaminen		
	V		Konseptin valinta		
	V		Systeemiarkkitehtuuri		
	V		Yksityiskohtainen suunnittelu		
	T		Tuotannon sopeuttaminen		
	V		Kustannusarvion laatiminen		
	V		Prototyyppien valmistaminen		
	V		Toimintojen testaaminen		
	V		Tavoitteiden saavuttamisen arviointi		
	V		Lujuslaskenta		
	V		Materiaalin valinta		
	V		Laadun valvonta		





# LIITE 9: TUOTENTOTEKNIIKAN LAITOKSEN PROFESSOREILLE SUUNNATTU KYSELY

OSAAMISTAVOITTEET (LEARNING OBJECTIVES)	OSAAMISEN TASO (LEVEL OF KNOWLEDGE)						
	Muistaa. Muistaako opiskelija tietoja? (Knowledge: Recall data or information.)	Ymmärtää. Pystykö opiskelija selittämään ajatuksia ja käsitteitä? (Comprehension: Understand the meaning, translation, interpolation, and interpretation of instructions and problems. State a problem in one's own words.)	Sovittaa. Pystykö opiskelija käyttämään tietoaan muussa tilanteessa? (Application: Use a concept in a new situation or unprompted use of an abstraction. Applies what was learned in the classroom into novel situations in the work place.)	Analysoi. Pystykö opiskelija erottamaan olennaiset asiat? (Analysis: Separates material or concepts into component parts so that its organizational structure may be understood. Distinguishes between facts and inferences.)	Arvioi. Pystykö opiskelija tekemään perustellun arvioinnin tai päätöksen? (Synthesis: Builds a structure or pattern from diverse elements. Put parts together to form a whole, with emphasis on creating a new meaning or structure.)	Luoda (Create). Pystykö opiskelija luomaan uusia tuotteita, alustoja, näkökulmia? (Evaluation: Make judgments about the value of ideas or materials.)	En pysty arvioimaan tavoitettavien taitojen tasoa. (Unable to evaluate the objectives based on this scale.)
<b>1 TEKINEN TIETÄMYS JA PÄÄTTELYKYKY (DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING)</b>							
1.1 TIETEEN PERUSTEIDEN TIETÄMYS (KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCES) [a]							
1.2 TEKNIKAN YDINASIOIDEN PERUSTIETÄMYS (CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE) [a]							
1.3 TEKNIKAN ALAN SYVÄLLINEN TIETÄMYS (ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE METHODS AND TOOLS) [i]							
<b>2 HENKILÖKOHTAISET JA AMMATILLISET TAITOT JA OMINAISUUDET (PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES)</b>							
2.1 TEKNIKAN PÄÄTTELY JA ONGELMANRATKAISU (ANALYTICAL REASONING AND PROBLEM SOLVING) [e]							
2.1.1 Ongelman tunnistaminen ja muotoilu (Problem Identification and Formulation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.2 Mallintaminen (Modeling)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.3 Arviointi ja laadullinen analysointi (Estimation and Qualitative Analysis)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.4 Epävarmuuden analysointi (Analysis With Uncertainty)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.5 Ratkaisu ja suositukset (Solution and Recommendation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
<b>2.2 KOKELU JA TIEDON LOYTTÄMINEN (EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY) [b]</b>							
2.2.1 Olettamusten muotoilu (Hypothesis Formulation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.2.2 Painetun ja elektronisen kirjallisuuden tutkimus (Survey of Print and Electronic Literature)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.2.3 Kokeellinen tutkimus (Experimental Inquiry)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.2.4 Olettamusten testaaminen ja puolustaminen (Hypothesis Test, and Defense)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
<b>2.3 JÄRJESTELMÄAJATTELU (SYSTEM THINKING)</b>							
2.3.1 Kokonaisvaltainen ajattelu (Thinking Holistically)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.2 Systeemien kehittyminen ja vuorovaikutus (Emergence and Interactions in Systems)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.3 Tärkeyden määrittäminen ja huomion kohdistaminen (Prioritization and Focus)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.4 Kompromissit, arviointi ja tasapaino ratkaisuissa (Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
<b>2.4 HENKILÖKOHTAISET TAITOT JA ASENNE (ATTITUDES, THOUGHT AND LEARNING)</b>							
2.4.1 Aloitteellisuus ja halukkuus riskien ottamiseen (Initiative and Willingness to make decisions in the face of uncertainty)	Tunnistaa (Recognize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.2 Pitkäjänteisyys ja joustavuus (Perseverance, resourcefulness, flexibility, responsibility, and will and urgency to deliver)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

2.4.3 Luova ajattelu (Creative Thinking)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.4 Kriittinen ajattelu (Critical Thinking)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.5 Tietoisuus omasta tietämyksestä, taidoista ja käsityksistä (Self-awareness, meta-cognition and knowledge integration)	Tunnistaa (Recognize)	Keskutella (Discuss)	*	*	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.6 Tiedonhaku, elinikäinen oppiminen ja toisten opettaminen (Lifelong learning and educating others) [i]	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.7 Ajan ja resurssien hallinta (Time and Resource Management)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5 EETTIKÄ, VASTUULLISUUS, OIKEUDENMUKAISUUS JA HENKILÖKOHTAISET ARVOT (ETHICS, RESPONSIBILITY, EQUITY, AND CORE PERSONAL VALUES)							
2.5.1 Ammatillinen eettisyys, rehellisyys, velvollisuus ja vastuullisuus (Ethics, integrity and social responsibility) [f]	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.2 Ammatillinen käyttäytyminen (Professional Behavior and responsibility)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.3 Ennakoiva urasuunnittelu (Proactively Planning for One's Career)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.4 Tekniikan maailman kehittymisen seuranta (Staying Current on World of Engineering)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	*	*	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.5 Oikeudenmukaisuus (Equity and diversity)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.6 Luottamus ja lojaalisuus (Trust and loyalty)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.7 Toiminnan tarkoitus (Vision and intention in life)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3 IHMISSUHDETAIDOT: RYHMÄTYÖSKENTELY JA KOMMUNIKOINTI (INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION)							
3.1 RYHMÄTYÖSKENTELY (TEAMWORK) [d]							
3.1.1 Tehokkaiden ryhmien muodostaminen (Forming Effective Teams)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.2 Ryhmätyöskentely (Team Operation)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.3 Ryhmän kasvu ja kehittyminen (Team Growth and Evolution)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.4 Ryhmän johtaminen (Team leadership)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.5 Tekniset ja monialaiset ryhmät (Technical and multi-disciplinary teaming)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	*	*	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2 KOMMUNIKAATIO (COMMUNICATIONS) [g]							
3.2.1 Kommunikointistrategia (Communications Strategy)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.2 Kommunikoinnin jäsenittäminen (Communications Structure)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.3 Kirjallinen kommunikointi (Written Communication)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.4 Sähköinen kommunikointi (Electronic/Multimedia Communication)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.5 Graafinen kommunikointi (Graphical Communication)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvioni ei onnistu (Unable to evaluate)

3.2.6 Suullinen kommunikointi (Oral Presentation)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.7 Kuunteleminen ja keskustelu, "diskuteeraus" (Inquiry, listening, and dialog)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.8 Neuvottelu (Negotiation, compromise and conflict resolution)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.9 Puolesta puhuminen, ajatusten laimattaminen (Advocacy)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.10. Sosiaalinen verkostoituminen (Establishing diverse connections, networking)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3 KOMMUNIKOINTI VIERAILLA KIELELLÄ (COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES)							
3.3.1 Kommunikointi englanniksi (Communication in English)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3.2 Kommunikointi teollisuusmaiden kielillä (Communication in languages of Regional Industrial Nations)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3.3 Kommunikointi muilla kielillä (Communication in other languages)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	*	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4. SYSTEMIEN YMMÄRTÄMINEN - SUUNNITTELU, TOTEUTUS JA KÄYTTÖ YRITYKSISSÄ JA YHTIÖSSÄ - INNOVOINTI (CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT - INNOVATION)							
4.1 ULKOINEN, YHTIÖSSÄ, TALOUDELLINEN JA YMPÄRISTÖLLINEN TAUSTA (EXTERNAL, SOCIETAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL CONTEXT) [n]							
4.1.1 Insinöörin roolit ja vastuut (Roles and Responsibility of Engineers)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.2 Tekniikan vaikutus yhteiskuntaan ja ympäristöön (The Impact of Engineering on Society and the environment)	Määrittelee (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.3 Yhteiskunnan tekniikkaa koskevat säädökset (Society's Regulation of Engineering)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.4 Historiallinen ja kulttuurinen tausta (The Historical and Cultural Context)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.5 Ajankohtaiset ongelmat ja arvot (Contemporary Issues and Values) [i]	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.6 Maailmanlaajuisen näköyksen kehittyminen (Developing a Global Perspective)	Määrittelee (Define)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.7 Kestävä kehitys (Sustainability and the need for sustainable development)	Määrittelee (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2 YRITYS- JA LIKETOIMINTATAUSTA (ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT)							
4.2.1 Erilaisten yrityskulttuurien arvostaminen (Appreciating Different Enterprise Cultures)	Määrittelee (Define)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Arvostella (Critique)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.2 Yrityksen strategia, tavoitteet, sidosryhmät (Enterprise stakeholders, strategy and Goals)	Listata (List)	Keskutella (Discuss)	Valita (Choose)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.3 Tekninen yrittäjyys (Technical Entrepreneurship)	Määrittelee (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.4 Työskentely yritysorganisaatioissa (Working in Organizations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.5 Projektin talous (Engineering project finance and economics)	Määrittelee (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.6 Uuden teknologian kehittäminen, arviointi ja esittely (New technology development, assessment and infusion)	Määrittelee (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)



4.2.7 Työskentely kansainvälisissä yritysorganisaatioissa (Working in international organisations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3 TEKNISET JÄRJESTELMIEN YMMÄRTÄMINEN HALLINTA (CONCEIVING, SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT) [c]							
4.3.1 Tarpeiden ymmärtäminen tavoitteiden asettaminen (Understanding needs and setting goals)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Aikatauluuttaa (Schedule)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.2 Tehtävien, konseptin ja arkkitehtuurien määrittäminen (Defining Functions, Concept and Architecture)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.3 Järjestelmän mallintaminen ja tavoitteiden saavutettavuuden varmistaminen (Modeling of Systems and Insuring Goals Can Be Met)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.4 Systemisuunnittelu ja kehitysprojektin johtaminen (System engineering and development project management)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4 SUUNNITTELU (DESIGNING) [c]							
4.4.1 Suunnitteluprosessi (The Design Process)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.2 Suunnitteluprosessin vaiheistus ja menettelytavat (The Design Process Phasing and Approaches)	Muistaa (Memorize)	Luokitella (Classify)	Valita (Choose)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.3 Tietämyksen hyödyntäminen suunnittelussa (Utilization of Knowledge in Design)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.4 Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu (Disciplinary Design)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.5 Monitieteellinen suunnittelu (Multidisciplinary Design)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.6 DFX (Design for sustainability, safety, operability, aesthetics and other objectives)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5 TOTEUTTAMINEN (IMPLEMENTING) [c]							
4.5.1 Kestävän toteuttamisprosessin suunnittelu (Designing a sustainable Implementation Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.2 Laitteiston valmistusprosessi (Hardware Manufacturing Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.3 Ohjelmiston käyttöönottoprosessi (Software Implementing Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.4 Laitteiston ja ohjelmiston yhdistäminen (Hardware Software Integration)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.5 Testaaminen, varmistaminen, vahvistaminen ja kelpuuttaminen (Test, Verification, Validation, and Certification)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.6 Toteutus- ja käyttöönottoprosessin johtaminen (Implementation Management)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6 KÄYTTÄMINEN (OPERATING) [c]							
4.6.1 Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu ja optimointi (Designing and Optimizing sustainable and safe Operations)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.2 Koulutus ja toiminta (Training and Operations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Aikatauluuttaa (Schedule)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.3 Järjestelmän elinkaaren tukeminen (Supporting the System Lifecycle)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.4 Järjestelmän parantaminen ja kehittäminen (System Improvement and Evolution)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.5 Hävittäminen ja käytön lopettamiseen liittyvät asiat (Disposal and Life-End Issues)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Ratkaista (Solve)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)

4.6.6 Tuotannon ohjaus (Operations Management)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7 SUUNNITTELU- JA TUOTEKEHITTÄMISTÄVÄIEN LAJITTELU (LEADING ENGINEERING ENDEAVORS)							
4.7.1 Luova ajattelu mahdollisuuden tunnistaminen (Thinking creatively and imaging possibilities)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.2 Ratkaisun määrittäminen (Defining the solution)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	testata (test)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.3 Uusien ratkaisujen luominen (Creating new solution concepts)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.4 Laajennettujen organisaatioiden rakentaminen ja hallinto (Building and leading and organization and extended organization)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.5 Projektin suunnittelu ja johtaminen (Planning and managing a project to completion)	Listata (List)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.6 Exersising project/solution judgment	toistaa (duplicate)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.7 Innovaatiot - konseptointi, suunnittelu ja esittely (Innovation - the conception, design and introduction of new goods and services)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.8 Keksinnöt - materiaalit tai prosessit, jotka mahdollistavat uusien laitteiden kehittämisen (Invention - the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services)	Määrittää (Define)	Tunnistaa (Identify)	Ottaa käyttöön (Employ)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.9 Toteuttaminen ja operointi - lisäarvoa tuottavien tuotteiden ja palveluiden luominen (Implementation and operation - the creation and operation of the goods and services that will deliver value)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8 YRITYS- JA TUOTEKEHITTÄMISTÄVÄIEN LAJITTELU (ENGINEERING ENTREPRENEURSHIP)							
4.8.1 Yrityksen perustaminen, muoostaminen ja organisointi (Company founding, formulation and organization)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.2 Yritysuunnitelman laatiminen (Business plan development)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.3 Pääoma ja rahoittiset resurssit (Company capitalization and finances)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Ottaa käyttöön (Employ)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.4 Innovaatiivinen markkinointi (Innovative product marketing)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.5 Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen uusien teknologioiden ympärillä (Conceiving products and services around new technologies)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.6 Innovaatiiviset järjestelmät, verkot, palvelut ja infrastruktuuri (The innovation system, networks, infrastructure and services)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.7 Ryhmän rakentaminen ja suunnitteluprosessin aloittaminen (Building the team and initiating engineering processes)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Aikatauluuttaa (Schedule)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.8 Aineettoman omaisuuden hallinta (Managing intellectual property)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)

\* = Mielestämme tätä kohtaa ei voida arvioida täällä, mutta jos olet kuitenkin sitä mieltä, että opetuksessa voidaan päästä tälle tasolle, voit käyttää tätäkin kohtaa

## LIITE 10: TUOTANTOTEKNIIKAN LAITOKSEN OPETUSHENKILÖKUNNALLE SUUNNATTU KY- SELY

Rastita vaihtoehtoista (esitellään/opetetaan/käytetään hyödyksi) se, joka parhaiten vastaa tämän hetkistä opetuksen tilaa kurssilla. Voit tarvittaessa valita useamman vaihtoehdon (esim. opetetaan ja käytetään hyödyksi). Täytä vain toisen tason alakohdat (esim. 2.1.1). Käsitteet (esitellään/opetetaan/käytetään hyödyksi) on selitetty tarkemmin tässä liitteessä. Jos et pysty vastaamaan johonkin kohtaan, valitse kohta "En osaa sanoa". Tällä kyselyllä pyrimme selvittämään Tuotantotekniikan laitoksen kurssien vastaavuutta CDIO-viitekehityksen kanssa.

### Esitellään (Introduce)

- Aihetta sivutaan kurssilla.
- Aiheesta ei välttämättä ole oppimistavoitteita kurssilla.
- Aihetta käsitellään kurssilla yleensä alle tunti.
- Aiheesta ei kysytä kurssin tentissä, eikä sen osaamista muutenkaan mitata harjoituksissa yms.

### Esimerkkejä

1. Luennolla esitellään jonkin järjestelmän toiminta motivoimistarkoituksessa (Syvällistä analyysiä järjestelmän toiminnasta ei esitetä).
2. Opiskelijoille esitetään aiheeseen liittyvä eettinen ongelma (Etiikan roolia toiminnassa ei kuitenkaan käsitellä syvällisemmin).

### Opetetaan (Teach)

- Kurssilla opetetaan uusi aihe.
- Pyritään nostamaan opiskelijan osaamistasoa ainakin yhdellä askeleella (Muistaa → Ymmärtää, Ymmärtää → Soveltaa, Soveltaa → Analysoida jne. [Bloomin taksonomia]).
- Aihetta käsitellään kurssilla yleensä enemmän kuin tunti.
- Kurssin tentissä, harjoituksissa ja kotitehtävissä mitataan tämän aiheen osaamista.

### Esimerkkejä

1. Luennolla esitetään jonkin järjestelmän toiminta perusteellisesti, jonka jälkeen saatua tietämystä sovelletaan harjoituksessa tai tehtävässä, joka arvostellaan.
2. Opiskelijat oppivat ryhmätöitä yhdessä tehtävien harjoitustöiden kautta. Heidän taitojaan arvioidaan muiden tulosten yhteydessä.

### Käytetään hyödyksi (Utilize)

- Opiskelijalla on aiempaa tietämystä aiheesta.
- Aiheeseen ei liity osaamistavoitteita, mutta opiskelijat hyödyntävät tämän aiheen tietämystään saavuttaakseen muita osaamistavoitteita.
- Aiheen opettamiseen kurssilla ei erikseen käytetä aikaa.
- Aiheesta ei erikseen kysytä kurssin tentissä, eikä sen osaamista muutenkaan mitata harjoituksissa yms.

### Esimerkkejä

1. Opiskelijoiden oletetaan kykenevän esiintymään myös muualla kuin suullisen viestinnän kursseilla. Kuitenkaan näillä kursseilla opiskelijoille ei erikseen opeteta esiintymistaitoja.
2. Opiskelijat käyttävät laboratoriossa kokeellisen tutkimisen taitojaan suorittaakseen annetun tehtävän. Kuitenkaan opiskelijoille ei erikseen opeteta näitä taitoja.

Kurssin nimi (course name):						
Täyttäjän nimi (filler name):						
Osaamistavoitteet (Learning objectives)	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
1 TEKINEN TIETÄMYS JA PÄÄTTELYKYKY (DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING)						
1.1 TIETEEN PERUSTEIDEN TIETÄMYS (KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCES) [a]						
1.2 TEKNIKAN YDINASIOIDEN PERUSTIETÄMYS (CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE) [a]						
1.3 TEKNIKANALAN SYVÄLLINEN TIETÄMYS (ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE METHODS AND TOOLS) [j]						
2 HENKILÖKOHTAISET JA AMMATILAISET TAITOT JA OMINAISUUDET (PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES)						
2.1 TEKINEN PÄÄTTELY JA ONGELMANRATKAISU (ANALYTICAL REASONING AND PROBLEM SOLVING) [e]						
2.1.1 Ongelman tunnistaminen ja muotoilu (Problem Identification and Formulation)						
2.1.2 Mallintaminen (Modeling)						
2.1.3 Arvionti ja laadullinen analysointi (Estimation and Qualitative Analysis)						
2.1.4 Epävarmuuden analysointi (Analysis With Uncertainty)						
2.1.5 Ratkaisu ja suositukset (Solution and Recommendation)						



Osaa mistavoitteet (Learning objectives)						
	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
2.2 KOKEILU JA TIEDON LÖYTÄMINEN (EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY) [b]						
2.2.1 Olettamusten muotoilu (Hypothesis Formulation)						
2.2.2 Painetun ja elektronisen kirjallisuuden tutkimus (Survey of Print and Electronic Literature)						
2.2.3 Kokeellinen tutkimus (Experimental Inquiry)						
2.2.4 Olettamusten testaaminen ja puolustaminen (Hypothesis Test, and Defense)						
2.3 JÄRJESTELMÄAJATTELU (SYSTEM THINKING)						
2.3.1 Kokonaisvaltainen ajattelu (Thinking Holistically)						
2.3.2 Systeemien kehittyminen ja vuorovaikutus (Emergence and Interactions in Systems)						
2.3.3 Tärkeyden määrittäminen ja huomion kohdistaminen (Prioritization and Focus)						
2.3.4 Kompromissit, arvointi ja tasapaino ratkaisussa (Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution)						
2.4 HENKILÖKOHTAISET TAIDOT JA ASENNE (ATTITUDES, THOUGHT AND LEARNING)						
2.4.1 Aloitteellisuus ja halukkuus riskien ottamiseen (Initiative and Willingness to make decisions in the face of uncertainty)						
2.4.2 Pitkäjänteisyys ja joustavuus (Perseverance, resourcefulness, flexibility, responsibility, and will and urgency to deliver)						
2.4.3 Luova ajattelu (Creative Thinking)						
2.4.4 Kriittinen ajattelu (Critical Thinking)						
2.4.5 Tietoisuus omasta tietämyksestä, taidoista ja käsityksistä (Self-awareness, meta-cognition and knowledge integration)						
2.4.6 Tiedonhalu, elinikäinen oppiminen ja toisten opettaminen (Lifelong learning and educating others) [i]						
2.4.7 Ajan ja resurssien hallinta (Time and Resource Management)						

Osaamistavoitteet (Learning objectives)	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
2.5 ETIIKKA, VASTUULLISUUS, OIKEUDENMUKAISUUS JA HENKILÖKOHTAISET ARVOT (ETHICS, RESPONSIBILITY, EQUITY, AND CORE PERSONAL VALUES)						
2.5.1 Ammatillinen etiikka, rehellisyys, velvollisuus ja vastuullisuus (Ethics, integrity and social responsibility) [f]						
2.5.2 Ammattimainen käyttäytyminen (Professional Behavior and responsibility)						
2.5.4 Tekniikan maailman kehittymisen seuranta (Staying Current on World of Engineering)						
3 IHMISSUHDETAIDOT: RYHMÄTYÖSKENTELY JA KOMMUNIKOINTI (INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION)						
3.1 RYHMÄTYÖSKENTELY (TEAMWORK) [d]						
3.1.1 Tehokkaiden ryhmien muodostaminen (Forming Effective Teams)						
3.1.2 Ryhmätyöskentely (Team Operation)						
3.1.3 Ryhmän kasvu ja kehittyminen (Team Growth and Evolution)						
3.1.4 Ryhmän johtaminen (Team leadership)						
3.1.5 Tekniset ja monialaiset ryhmät (Technical and multi-disciplinary teaming)						
3.2 KOMMUNIKAATIO (COMMUNICATIONS) [g]						
3.2.1 Kommunikointistrategia (Communications Strategy)						
3.2.2 Kommunikoinnin jäsentäminen (Communications Structure)						
3.2.3 Kirjallinen kommunikointi (Written Communication)'						
3.2.4 Sähköinen kommunikointi (Electronic/Multimedia Communication)						
3.2.5 Graafinen kommunikointi (Graphical Communication)						
3.2.6 Suullinen kommunikointi (Oral Presentation)						
3.2.7 Kuunteleminen ja keskustelu, "diskuteeraus" (Inquiry, listening, and dialog)						
3.2.8 Neuvotteleminen (Negotiation, compromise and conflict resolution)						

Osaamistavoitteet (Learning objectives)	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
3.2.9. Puolesta puhuminen, ajatusten kannattaminen (Advocacy)						
3.2.10. Sosiaalinen verkostoituminen (Establishing diverse connections, networking)						
3.3 KOMMUNIKOINTI VIERAILLA KIELILLÄ (COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES)						
3.3.1 Kommunikointi englanniksi (Communication in English)						
4 SYSTEEMIEN YMMÄRTÄMINEN , SUUNNITTELU, TOTEUTUS JA KÄYTTÖ YRITYKSISSÄ JA YHTEISKUNNASSA - INNOVOINTI (CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT - INNOVATION)						
4.1 ULKOINEN, YHTEISKUNNALLINEN, TALOUDELLINEN JA YMPÄRISTÖLLINEN TAUSTA (EXTERNAL, SOCIETAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL CONTEXT) [h]						
4.1.1 Insinöörien roolit ja vastuut (Roles and Responsibility of Engineers)						
4.1.2 Tekniikan vaikutus yhteiskuntaan ja ympäristöön (The Impact of Engineering on Society and the environment)						
4.1.3 Yhteiskunnan tekniikkaa koskevat säädökset (Society's Regulation of Engineering)						
4.1.4 Historiallinen ja kulttuurillinen tausta (The Historical and Cultural Context)						
4.1.5 Ajankohtaiset ongelmat ja arvot (Contemporary Issues and Values) [j]						
4.1.7 Kestävä kehitys (Sustainability and the need for sustainable development)						
4.2 YRITYS- JA LIIKETOIMINTATAUSTA (ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT)						
4.2.1 Erilaisten yrityskulttuurien arvostaminen (Appreciating Different Enterprise Cultures)						
4.2.2 Yrityksen strategia, tavoitteet, sidosryhmät (Enterprise stakeholders, strategy and Goals)						
4.2.3 Tekninen yrittäjyys (Technical Entrepreneurship)						
4.2.4 Työskentely yritysorganisaatioissa (Working in Organizations)						
4.2.5 Projektien talous (Engineering project finance and economics)						

Osaamistavoitteet (Learning objectives)	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
4.2.6 Uuden teknologian kehittäminen, arviointi ja esittely (New technology development, assessment and infusion)						
4.2.7 Työskentely kansainvälisissä yritysorganisaatioissa (Working in international organisations)						
<b>4.3 TEKNISET JÄRJESTELMIEN YMMÄRTÄMINEN HALLINTA (CONCEIVING, SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT) [c]</b>						
4.3.1 Tarpeiden ymmärtäminen tavoitteiden asettaminen (Understanding needs and setting goals)						
4.3.2 Tehtävien, konseptin ja arkkitehtuurien määrittäminen (Defining Functions, Concept and Architecture)						
4.3.3 Järjestelmän mallintaminen ja tavoitteiden saavutettavuuden varmistaminen (Modeling of Systems and Insuring Goals Can Be Met)						
4.3.4 Systeemisuunnittelu ja kehitysprojektin johtaminen (System engineering and development project management)						
<b>4.4 SUUNNITTELU (DESIGNING) [c]</b>						
4.4.1 Suunnitteluprosessi (The Design Process)						
4.4.2 Suunnitteluprosessin vaiheistus ja menettelytavat (The Design Process Phasing and Approaches)						
4.4.3 Tietämyksen hyödyntäminen suunnittelussa (Utilization of Knowledge in Design)						
4.4.4 Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu (Disciplinary Design)						
4.4.5 Monitieteellinen suunnittelu (Multidisciplinary Design)						
4.4.6 DFX (Design for sustainability, safety, operability, aesthetics and other objectives)						
<b>4.5 TOTEUTTAMINEN (IMPLEMENTING) [c]</b>						
4.5.1 Kestävän toteuttamisprosessin suunnittelu (Designing a sustainable Implementation Process)						
4.5.2 Laitteiston valmistusprosessi (Hardware Manufacturing Process)						
4.5.3 Ohjelmiston käyttöönottoprosessi (Software Implementing Process)						
4.5.4 Laitteiston ja ohjelmiston yhdistäminen (Hardware Software Integration)						
4.5.5 Testaaminen, varmistaminen, vahvistaminen ja kelpuuttaminen (Test, Verification, Validation, and Certification)						

Osaa mistavoitteet (Learning objectives)						
	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
4.5.6 Toteutus- ja käyttöönottoprosessien johtaminen (Implementation Management)						
4.6 KÄYTTÄMINEN (OPERATING) [c]						
4.6.1 Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu ja optimointi (Designing and Optimizing sustainable and safe Operations)						
4.6.2 Koulutus ja toiminta (Training and Operations)						
4.6.3 Järjestelmän elinkaaren tukeminen (Supporting the System Lifecycle)						
4.6.4 Järjestelmän parantaminen ja kehittäminen (System Improvement and Evolution)						
4.6.5 Hävittäminen ja käytön lopettamiseen liittyvät asiat (Disposal and Life-End Issues)						
4.6.6 Tuotannon ohjaus (Operations Management)						
4.7 SUUNNITTELU TEHTÄVIEN LÄPIVIEMINEN (LEADING ENGINEERING ENDEAVORS)						
4.7.1 Luova ajattelu ja mahdollisuuden tunnistaminen (Thinking creatively and imaging possibilities)						
4.7.2 Ratkaisun määrittäminen (Defining the solution)						
4.7.3 Uusien ratkaisumallien luominen (Creating new solution concepts)						
4.7.4 Laajennettujen organisaatioiden rakentaminen ja hallinto (Building and leading and organization and extended organization)						
4.7.5 Projektin suunnittelu ja johtaminen (Planning and managing a project to completion)						
4.7.6 Päätösten tekeminen (Exercising project/solution judgment)						
4.7.7 Innovaatiot - konseptointi, suunnittelu ja esittely (Innovation - the conception, design and introduction of new goods and services)						
4.7.8 Keksinnöt - materiaalit tai prosessit, jotka mahdollistavat uusien laitteiden kehittämisen (Invention - the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services)						
4.7.9 Toteuttaminen ja operaatiot - lisäarvoa tuottavien tuotteiden ja palveluiden luominen (Implementation and operation - the creation and operation of the goods and services that will deliver value)						

Osaamistavoitteet (Learning objectives)	Esitellään (Introduce)	Opetetaan (Teach)	Käytetään hyödyksi (Utilize)	Asiaa ei käsitellä kurssilla (Not included in course)	En osaa sanoa (Not sure)	Vapaa kommentti (Comments)
4.8 YRITYSTOIMINTA (ENGINEERING ENTREPRENEURSHIP)						
4.8.1 Yrityksen perustaminen, muodostaminen ja organisointi (Company founding, formulation and organization)						
4.8.3 Pääoma ja rahalliset resurssit (Company capitalization and finances)						
4.8.5 Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen uusien teknologioiden ympärille (Conceiving products and services around new technologies)						
4.8.6 Innovaatiojärjestelmät, verkotot, palvelut ja infrastrukturi (The innovation system, networks, infrastructure and services)						
4.8.7 Ryhmän rakentaminen ja suunnitteluprosessin aloittaminen (Building the team and initialing engineering processes)						
4.8.8 Aineettoman omaisuuden hallinta (Managing intellectual property)						

# LIITE 11: CHALMERSIN KOLMANNEN PROJEKTIKURSSIN TEHTÄVÄNANTO



091008

## Tugger Vehicles – Project 1 – Description

*A total product development process and re-design of the Tugger Electrical distribution vehicle.*

**Background:** The project of Tugger Vehides derives from a product that was first developed and entered the market in 1989. The product was an electrical distribution moped that was and still is called Tugger. Tugger was sold until 2002 and is still used for daily work at for example "Svenska Posten". Tugger Vehides is a project from Chalmers School of Entrepreneurship CSE that is planned to be incorporated during the spring of 2010. Currently two product lines are pursued within the frame of the CSE project of Tugger Vehicles:



1. Electrical Distribution Vehicles for postal delivery, industrial use and similar tasks.
2. Electrical Tool Carrier Tractors, multi-purpose vehicles for ground maintenance, lawn mowing etc.

**The task:** The task for the product development team will be to go through a total product development process for a new version of the Tugger electrical distribution moped. Tugger Vehicles wants a new modern, efficient and competitive product that can be launched on the market and used as a foundation for further development of distribution vehicles. Tugger Vehides wants the project to include:

- Assessment of customer requirements and needs
- Market survey and strategy – where is value created and for whom?
- Development and presentation of product concepts based on gathered results
- Evaluation of concepts and development of final product concept
  - Costs structure and manufacturing process shall be taken into account
- Presentation of finished product concept that can include
  - Prototype and/ CAD models and renderings
  - Construction instructions e.g. blueprints
  - Cost and Profit analysis
- Documentation of the process and the results

**Procedures:** Tugger Vehicles has the intention to be an active part of the project and will provide guidelines, feedback and information during the project.





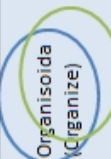


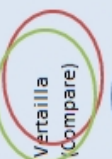
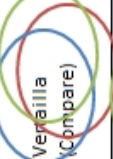
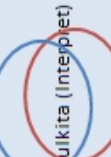


# LIITE 12: TUOTANTOTEKNIIKAN LAITOKSEN PROFESSOREILLE SUUNNATUN KYSELYN YH- TEENVETO

OSAAMISTAVOITTEET (LEARNING OBJECTIVES)	OSAAMISEN TASO (LEVEL OF KNOWLEDGE)					
	Muistaa. Muistaako opiskelija tietoja?	Ymmärtää. Pystyykö opiskelija selittämään ajatuksia ja käsitteitä?	Soveltaa. Pystyykö opiskelija käyttämään tietojaan muussa tutussa yhteydessä?	Analysoida. Pystyykö opiskelija erottamaan olennaiset asiat?	Arvioida. Pystyykö opiskelija tekemään perustellun arvon tai päätöksen?	Luoda. Pystyykö opiskelija luomaan uusia tuotteita, ajatuksia, näkökulmia?
2.1.1 Ongelman tunnistaminen ja muotoilu (Problem Identification and Formulation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.2 Mallintaminen (Modeling)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.3 Arviointi ja laadullinen analysointi (Estimation and Qualitative Analysis)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.4 Epävarmuuden analysointi (Analysis With Uncertainty)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Organisoida (Organize)	Arvioida (Evaluate)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.1.5 Ratkaisujen suositukset (Solution and Recommendation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Vertaila (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.2.1 Olettamusten muotoilu (Hypothesis Formulation)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
2.2.2 Painetun ja elektronisen kirjallisuuden tutkimus (Survey of Print and Electronic Literature)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)



2.3.1 Kokonaisvaltainen ajattelu (Thinking Holistically)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.2 Systeemien kehittyminen ja vuorovaikutus (Emergence and Interactions in Systems)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.3 Tärkeiden määrittäminen ja huomion kohdistaminen (Prioritization and Focus)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.3.4 Kompromissit, arvointi ja tasapaino ratkaisuihin (Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.1 Aloitteellisuus ja halukkuus riskien ottamiseen (Initiative and Willingness to make decisions in the face of uncertainty)	Tunnistaa (Recognize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.2 Pitkäjänteisyys ja joustavuus (Perseverance, resourcefulness, flexibility, responsibility, and will and urgency to deliver)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.3 Luova ajattelu (Creative Thinking)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.4 Kriittinen ajattelu (Critical Thinking)	Tunnistaa (Recognize)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.4.5 Tietoisuus omasta tietämyksestä, taidoista ja käsitteistä (Self-awareness, meta-cognition and knowledge integration)	Tunnistaa (Recognize)	Keskutella (Discuss)	•	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)

2.5.1 Ammatillinen etiikka, rehellisyys, velvollisuus ja vastuullisuus (Ethics, integrity and social responsibility) [f]	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)		Arvioida (Evaluate)	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.2 Ammatillinen käyttäytyminen (Professional Behavior and responsibility)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)		Arvioida (Evaluate)	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.3 Ennakoiva urasuunnittelu (Proactively Planning for One's Career)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)		Arvioida (Evaluate)	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.4 Tekniikan maailman kehittymisen seuranta (Staying Current on World of Engineering)			•	•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.5 Oikeudenmukaisuus (Equity and diversity)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)		Arvioida (Evaluate)	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.6 Luottamus ja lojaalisuus (Trust and loyalty)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Käyttää (Use)		Arvioida (Evaluate)	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
2.5.7 Toiminnan tarkoitus (Vision and intention in life)	Tietää (Recall)	Keskutella (Discuss)		•	•	•	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)

3.1.1 Tehokkaiden ryhmien muodostaminen (Forming Effective Teams)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.2 Ryhmätyöskentely (Team Operation)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.3 Ryhmän kasvu ja kehittyminen (Team Growth and Evolution)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.4 Ryhmän johtaminen (Team leadership)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.1.5 Tekniset ja monialaiset ryhmät (Technical and multi-disciplinary teaming)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.1 Kommunikointistrategia (Communications Strategy)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.2 Kommunikoinnin jäsentäminen (Communications Structure)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.3 Kirjallinen kommunikointi (Written Communication)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.4 Sähköinen kommunikointi (Electronic/Multimedia Communication)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

3.2.6 Suullinen kommunikointi (Oral Presentation)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.7 Kuunteleminen ja keskustelu, "diskuteeraus" (Inquiry, listening, and dialog)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.8 Neuvottelu (Negotiation, compromise and conflict resolution)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.9 Puolesta puhuminen, ajatusten kannattaminen (Advocacy)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.2.10. Sosiaalinen verkostoituminen (Establishing diverse connections, networking)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	Vertailla (Compare)	Arvioida (Evaluate)	Luoda (Create)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3.1 Kommunikointi englanniksi (Communication in English)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3.2 Kommunikointi teollisuuskumppanien kielillä (Communication in languages of Regional Industrial Nations)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
3.3.3 Kommunikointi muilla kielillä (Communication in other languages)	Tietää (Recall)	Selittää (Describe)	Tulkita (Interpret)	•	•	•	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

4.1.1 Insinöörin roolit ja vastuut (Roles and Responsibility of Engineers)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.2 Tekniikan vaikutus yhteiskuntaan ja ympäristöön (The Impact of Engineering on Society and the environment)	Määritellä (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.3 Yhteiskunnan tekniikkaa koskevat säädökset (Society's Regulation of Engineering)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.4 Historiallinen ja kulttuurillinen tausta (The Historical and Cultural Context)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.5 Ajankohtaiset ongelmat ja arvot (Contemporary Issues and Values) [I]	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Löytää (Distinguish)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.6 Maailmanlaajuisen näkemyksen kehittyminen (Developing a Global Perspective)	Määritellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.1.7 Kestävä kehitys (Sustainability and the need for sustainable development)	Määritellä (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	*		Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)



4.2.1 Erilaisten yrityskulttuurien arvostaminen (Appreciating Different Enterprise Cultures)	Määritellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Arvostella (Criticize)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.2 Yrityksen strategia, tavoitteet, sidosryhmät (Enterprise stakeholders, strategy and Goals)	Listata (List)	Keskutella (Discuss)	Valita (Choose)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.3 Tekninen yrittäjyys (Technical Entrepreneurship)	Määritellä (Define)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.4 Työskentely yritysarjoissa (Working in Organizations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.5 Projektien talous (Engineering project finance and economics)	Määritellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.6 Uuden teknologian kehittäminen, arviointi ja esittely (New technology development, assessment and infusion)	Määritellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.2.7 Työskentely kansainvälisissä yritysorganisaatioissa (Working in international organisations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

4.3.1 Tarpeiden ymmärtäminen tavoitteiden asettaminen (Understanding needs and setting goals)	Määrittellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Aikatauluttaa (Schedule)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.2 Tehtävien, konseptin ja arkkitehtuurien määrittäminen (Defining Functions, Concept and Architecture)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.3 Järjestelmän mallintaminen ja tavoitteiden saavutettavuuden varmistaminen (Modeling of Systems and Insuring Goals Can Be Met)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.3.4 Systeemisuunnittelu ja kehitysprojektin johtaminen (System engineering and development project management)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.1 Suunnitteluprosessi (The Design Process)	Määrittellä (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.2 Suunnitteluprosessin vaiheistus ja menetellytavat (The Design Process Phasing and Approaches)	Muistaa (Memorize)	Luokitella (Classify)	Valita (Choose)	Arvioida (Critique)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.3 Tietämyksen hyödyntäminen suunnittelussa (Utilization of Knowledge in Design)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.4 Tieteenalalle tyypillinen suunnittelu (Disciplinary Design)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.4.5 Monitieteellinen suunnittelu (Multidisciplinary Design)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	*	*	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

4.5.1 Kestävän toteutusprosessin suunnittelu (Designing a sustainable Implementation Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.2 Laitteiston valmistusprosessi (Hardware Manufacturing Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.3 Ohjelmiston käyttöönottoprosessi (Software Implementing Process)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.4 Laitteiston ja ohjelmiston yhdistäminen (Hardware Software Integration)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.5 Testaaminen, varmistaminen, vahvistaminen ja kelpuuttaminen (Test, Verification, Validation, and Certification)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.5.6 Toteutus- ja käyttöönottoprosessien johtaminen (Implementation Management)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Tulkita (Interpret)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.1 Kestävän ja turvallisen käytön suunnittelu ja optimointi (Designing and Optimizing sustainable and safe Operations)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.2 Koulutus ja toiminta (Training and Operations)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Aikatauluttaa (Schedule)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.3 Järjestelmän elinkaaren tukeminen (Supporting the System Lifecycle)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.4 Järjestelmän parantaminen ja kehittäminen (System Improvement and Evolution)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Valita (Choose)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.5 Hävittäminen ja käytön lopettamiseen liittyvät asiat (Disposal and Life-End Issues)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Ratkaista (Solve)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)
4.6.6 Tuotannon ohjaus (Operations Management)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Arvostella (Criticize)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arvionti ei onnistu (Unable to evaluate)



4.7.1 Luova ajattelu mahdollisuuden tunnistaminen (Thinking creatively and imaging possibilities)	Määrittää (Define)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.2 Ratkaisun määrittäminen (Defining the solution)	Määrittää (Define)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	testata (test)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.3 Uusien ratkaismallien luominen (Creating new solution concepts)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.4 Laajennettujen organisaatioiden rakentaminen ja hallinto (Building and leading and organization and extended organization)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.5 Projektin suunnittelu ja johtaminen (Planning and managing a project to completion)	Listata (List)	Selittää (Explain)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.6 Exercising project/solution judgment	toistaa (duplicate)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.7 Innovaatiot - konseptointi, suunnittelu ja esittely (Innovation - the conception, design and introduction of new goods and services)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.8 Keksinnöt - materiaalit tai prosessit, jotka mahdollistavat uusien laitteiden kehittämisen (Invention - the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services)	Määrittää (Define)	Tunnistaa (Identify)	Oittaa käyttöön (Employ)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.7.9 Toteuttaminen ja operaatiot - lisäarvoa tuottavien tuotteiden ja palveluiden luominen (Implementation and operation - the creation and operation of the goods and services that will deliver value)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)

4.8.1 Yrityksen perustaminen, muodostaminen ja organisointi (Company founding, formulation and organization)	Muistaa (Memorize)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.2 Yrityssuunnitelman laatiminen (Business plan development)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.3 Pääoma ja rahalliset resurssit (Company capitalization and finances)	Määrittellä (Define)	Selittää (Explain)	Olkaa käyttöön (Employ)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.4 Innovaatiivinen markkinointi (Innovative product marketing)	Määrittellä (Define)	Keskutella (Discuss)	Käyttää (Use)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.5 Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen uusien teknologioiden ympärille (Conceiving products and services around new technologies)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Esittää (Demonstrate)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.6 Innovaatiiviset järjestelmät, verkot, palvelut ja infrastruktuuri (The innovation system, networks, infrastructure and services)	Määrittellä (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	testata (test)	Arvioida (Evaluate)	Suunnitella (Design)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.7 Ryhmän rakentaminen ja suunnitteluprosessin aloittaminen (Building the team and initiating engineering processes)	Muistaa (Memorize)	Keskutella (Discuss)	Aikatauluttaa (Schedule)	Tehdä luovia kokeiluja (Experiment)	.	.	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)
4.8.8 Aineettoman omaisuuden hallinta (Managing intellectual property)	Määrittellä (Define)	Selittää (Explain)	Esittää (Demonstrate)	Tutkia (Examine)	Arvioida (Evaluate)	Kehittää (Develop)	Arviointi ei onnistu (Unable to evaluate)